

Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



Escuela Técnica Superior  
de Ingeniería Industrial

# Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.

**Titulación:** Ingeniería Técnica Industrial.  
**Intensificación:** Especialidad en Electricidad.  
**Alumno/a:** Andrés Ortiz González.  
**Director/a/s:** Juan Martínez Tudela.

Cartagena, 30 de Octubre de 2009



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Industrial



# **Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

## **1. Memoria.**



INDICE.

<b>1.- Datos Generales.</b>	<b>4</b>
1.1.- Objeto del proyecto.	4
1.2.- Titular de la instalación.	4
1.3.- Emplazamiento de las instalaciones.	4
1.4.- Descripción genérica de las instalaciones.	4
1.5.- Legislación aplicable.	4
<b>2.- Descripción Técnica de los sistemas.</b>	<b>6</b>
2.1.- Instalación Solar Térmica.	6
2.1.1.- Datos de partida.	6
2.1.2.- Datos meteorológicos.	6
2.1.3.- Demanda energética prevista. Dimensionado básico.	7
2.1.4.- Superficie de captadores solares.	8
2.1.5.- Estructura soporte.	9
2.1.6.- Distribución de los captadores.	11
2.1.7.- Sistema de acumulación.	11
2.1.8.- Sistema de intercambio.	11
2.1.9.- Circuito hidráulico.	12
2.1.9.1.- Tuberías.	12
2.1.9.1.1.- Generalidades.	12
2.1.9.1.2.- Circuito primario.	13
2.1.9.1.3.- Circuito secundario.	13
2.1.9.1.4.- Circuito de distribución.	13
2.1.9.2.- Bombas.	14
2.1.9.2.1.- Generalidades.	14
2.1.9.2.2.- Bomba del circuito primario.	14
2.1.9.2.3.- Bomba del circuito secundario.	15
2.1.9.2.4.- Bomba de recirculación.	15
2.1.9.3.- Vaso de expansión.	15
2.1.9.4.- Purgadores y Drenaje.	16
2.1.9.5.- Sistema de ahorro de agua.	16
2.1.10.- Sistema de energía convencional auxiliar.	16
2.1.10.1.- Generalidades.	16
2.1.10.2.- Descripción del sistema centralizado.	17
2.1.10.3.- Sistema de energía convencional para la cocina.	18
2.1.11.- Sistema de control y regulación.	18
2.1.11.1.- Sistema de medida.	20
2.1.11.2.- Sistema de monitorización.	21
2.1.12.- Seguridad e higiene.	22
2.1.12.1.- Seguridad en la instalación.	22
2.1.12.2.- Higiene en la instalación.	23



2.2.-	Instalación Solar Fotovoltaica.	24
2.2.1.-	Datos de partida.	24
2.2.2.-	Descripción de los equipos.	24
2.2.2.1.-	Módulos fotovoltaicos.	24
2.2.2.2.-	Inversores.	24
2.2.2.3.-	Cableado y protecciones.	25
2.2.3.-	Diseño de la instalación.	25
2.2.3.1.-	Balance energético.	25
2.2.3.1.1.-	Generalidades.	25
2.2.3.1.2.-	Performance ratio.	26
2.2.3.1.3.-	Producción anual esperada.	27
2.2.3.2.-	Estructura soporte.	28
2.2.3.3.-	Distribución de los módulos.	29
2.2.3.3.1.-	Distribución de los módulos en las cubiertas del edificio.	29
2.2.3.3.2.-	Descripción del sistema de conexión entre módulos.	30
2.2.3.3.3.-	Rango de funcionamiento entre los módulos y los inversores.	31
2.2.4.-	Diseño del circuito eléctrico.	32
2.2.4.1.-	Conexiones.	32
2.2.4.1.1.-	Conexión serie de los módulos.	32
2.2.4.1.2.-	Cuadro de conexión parcial. Conexión paralelo.	32
2.2.4.1.3.-	Cuadro secundario.	33
2.2.4.1.4.-	Cuadro general de distribución.	33
2.2.4.1.5.-	Caja de protección y medida.	34
2.2.4.2.-	Conductores.	34
2.2.4.2.1.-	Nomenclatura de los circuitos.	34
2.2.4.2.2.-	Características generales de los conductores.	35
2.2.4.2.3.-	Secciones de los conductores.	35
2.2.4.2.4.-	Terminales y conexiones.	37
2.2.4.3.-	Canalizaciones y zanjas.	37
2.2.4.4.-	Protecciones.	39
2.2.4.4.1.-	Características de los fusibles.	39
2.2.4.4.2.-	Características de las protecciones magnetotérmicas.	40
2.2.4.4.3.-	Características de las protecciones diferenciales.	41
2.2.4.4.4.-	Descripción de otros sistemas de protección.	42
2.2.4.5.-	Conexión a red.	42
2.2.4.6.-	Sistema de monitorización.	43
2.2.5.-	Línea de puesta a tierra.	45
2.2.5.1.-	Descripción del sistema de protección contra contactos indirectos.	45
2.2.5.2.-	Tomas de tierra.	46
2.2.5.3.-	Líneas principales de tierra.	46
2.2.5.4.-	Derivaciones de las líneas principales de tierra.	47
2.2.5.5.-	Conductores de protección.	47
2.2.5.6.-	Red de equipotencialidad.	48
2.2.5.7.-	Zanjas para la puesta a tierra.	48





<b>3.- Plan de mantenimiento de las instalaciones.</b>	<b>49</b>
3.1.- <i>Mantenimiento de la instalación solar térmica.</i>	49
3.1.1.- Generalidades.	49
3.1.2.- Programa de mantenimiento.	50
3.1.2.1.- Plan de vigilancia.	50
3.1.2.2.- Plan de mantenimiento preventivo.	50
3.1.2.3.- Plan de mantenimiento correctivo.	52
3.1.3.- Garantías.	53
3.1.3.1.- Ámbito general de la garantía.	53
3.1.3.2.- Plazos de garantía.	53
3.1.3.3.- Condiciones económicas.	53
3.1.3.4.- Anulación de la garantía.	54
3.1.3.5.- Lugar y tiempo de la prestación.	54
3.2.- <i>Mantenimiento de la instalación solar fotovoltaica.</i>	54
3.2.1.- Generalidades.	54
3.2.2.- Mantenimiento de los dispositivos.	55
3.2.2.1.- Módulo fotovoltaico.	55
3.2.2.2.- Inversores.	56
3.2.2.3.- Conexiones eléctricas y del cableado.	56
3.2.2.4.- Mantenimiento de la estructura.	57
3.2.2.5.- Mantenimiento de la puesta a tierra.	57
3.2.3.- Garantías.	57
3.2.3.1.- Ámbito general de la garantía.	57
3.2.3.2.- Plazos de garantía.	57
3.2.3.3.- Condiciones económicas.	58
3.2.3.4.- Anulación de la garantía.	58
3.2.3.5.- Lugar y tiempo de la prestación.	58
<b>4.- Impacto ambiental.</b>	<b>59</b>
4.1.- <i>Problemática ambiental.</i>	59
4.2.- <i>Protocolo de Kioto.</i>	60
4.3.- <i>Solución a los problemas socio-ambientales.</i>	61
4.3.1.- Energía solar térmica.	61
4.3.1.1.- Generalidades.	61
4.3.1.2.- Emisiones de CO <sub>2</sub> .	61
4.3.2.- Energía solar fotovoltaica.	62
4.3.2.1.- Generalidades.	62
4.3.2.2.- Emisiones de CO <sub>2</sub> .	62

**Anexo I. Características técnicas de los elementos a instalar.**

**Anexo II. Estudio económico.**



## **1.- Datos Generales.**

---

### **1.1.- Objeto del proyecto.**

El presente Proyecto tiene por objeto el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación en cuanto al apartado HE-4 donde se establece la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. Aparte, se establecen las características técnicas que debe reunir la instalación de 65 kW de energía solar fotovoltaica, para la producción de electricidad, para su posterior venta. Con dicha instalación, se obtendrán unos beneficios económicos que compensen el coste de la factura eléctrica y de gas, así como la reducción de los años de amortización de la instalación total. También se contribuirá a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y demás gases que están provocando el cambio climático de nuestro planeta. Se realizará un estudio de producción y de un análisis de la rentabilidad financiera de la inversión, en base al Pliego de Condiciones Técnicas de IDAE.

Detrás del presente proyecto también está el hecho personal de intentar concienciar a los estudiantes de la problemática que estamos experimentando con la contaminación actual producto del ser humano y mostrarles que existen recursos o vías a la mano de todos para poder cambiar este hecho.

### **1.2.- Titular de la instalación.**

El titular de la instalación fotovoltaica será la Consejería de Educación, Formación y Empleo de la Región de Murcia.

### **1.3.- Emplazamiento de las instalaciones.**

Tanto la instalación térmica como la fotovoltaica se instalarán distribuidas sobre la cubierta del edificio ubicado en la Calle de Pedro Díaz, Cartagena.

Las coordenadas de la situación de la ciudad de Cartagena son:

Altura nivel de mar: 10 m

Latitud: 37° 36' N

Longitud: 0° 59' O

### **1.4.- Descripción genérica de las instalaciones.**

En el presente documento se describen las especificaciones técnicas necesarias para el diseño, desarrollo y puesta en marcha de dos instalaciones solares, una instalación solar térmica y otra fotovoltaica. La instalación solar térmica estará diseñada según las especificaciones impuestas por el Código Técnico de la Edificación para abastecer de agua caliente sanitaria a unos 900 alumnos, con el estudio necesario de demanda energética. La instalación solar fotovoltaica será sobre cubierta con una potencia de 65 kW, cuya potencia pico total es de 66,64 kWp. Dicha central fotovoltaica estará acoplada a la red pública, inyectando toda su producción a la empresa distribuidora local.

### **1.5.- Legislación aplicable.**

La normativa aplicable a las instalaciones solares térmicas es la siguiente:

- Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones Térmicas en los Edificios.



- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Documento Básico HE: Ahorro de la energía.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, exigido en el marco de las Líneas de ayuda para la promoción de instalaciones de energía solar térmica en el ámbito del Plan de Fomento de Energías Renovables, publicado por el IDAE para la convocatoria correspondiente al ejercicio.
- Ordenanza Municipal sobre la captación de energía solar térmica.

La normativa aplicable a las instalaciones solares fotovoltaicas es la siguiente:

- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión, así como sus instrucciones complementarias.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre por el cual se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Orden de 5 de Septiembre de 1985 para la que se establecen normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5000 kVA y centrales de autogeneración eléctrica.
- Real Decreto 2366/1994 de 9 de Diciembre sobre producción de energía eléctrica para las instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables. (BOE de 31 de Diciembre de 1994).
- Real Decreto 436/2004 de 27 de marzo, sobre producción de energía eléctrica para instalaciones alimentadas por recursos o fuentes de energías renovables, residuos o cogeneración.
- Real Decreto 1663/2000 de 29 de Septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Condiciones Técnicas que han de cumplir las instalaciones fotovoltaicas para su conexión a la red de Iberdrola.
- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones conectadas a la red, exigido en el marco de las Líneas de ayuda para la promoción de instalaciones de energía solar fotovoltaica en el ámbito del Plan de Fomento de Energías Renovables, publicado por el IDAE para la convocatoria correspondiente al ejercicio.
- Real Decreto-Ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.



## 2.- Descripción Técnica de los sistemas.

### 2.1.- Instalación Solar Térmica.

#### 2.1.1.- Datos de partida.

La instalación térmica a la que nos enfrentamos debe abastecer el consumo de ACS demandado por la cocina y las duchas del polideportivo donde se realizarán actividades extraescolares. Se entiende que aunque el colegio disponga de 900 plazas, la demanda unitaria por uso de ducha y cubierto será menor. Durante los periodos no lectivos la instalación no tendrá demanda de ACS.

El edificio es de reciente construcción, dispone de una azotea plana para la instalación térmica de 335,77m<sup>2</sup>. La instalación tendrá una distribución con acumulación centralizada y apoyo individualizado en tres zonas repartidas en vestuario femenino, vestuario masculino y cocina.

No existen obstáculos en alrededores que puedan proyectar sombras.

#### 2.1.2.- Datos meteorológicos.

Los datos meteorológicos normales mostrados en la tabla han sido extraídos de la Agencia Estatal de Meteorología para la estación ubicada en el Aeropuerto de San Javier, ya que es la estación más próxima al emplazamiento de la instalación y la que tiene características climatológicas muy similares.

Periodo: 1971-2000 - Altitud (m): 2 - Latitud: 37° 47' 12" N - Longitud: 00° 48' 08" O

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	10.6	15.9	5.2	38	73	4	0	1	1	2	8	163
Febrero	11.6	16.9	6.3	26	70	3	0	1	1	1	6	166
Marzo	12.9	18.1	7.6	29	70	4	0	0	1	0	7	194
Abril	14.6	19.9	9.3	25	67	3	0	1	1	0	6	206
Mayo	17.6	22.4	12.9	31	70	3	0	2	1	0	6	253
Junio	21.3	25.7	17.0	11	70	2	0	1	0	0	10	261
Julio	24.1	28.4	19.9	6	71	1	0	1	0	0	14	284
Agosto	24.9	29.0	20.8	8	73	1	0	1	0	0	11	259
Septiembre	22.7	27.3	18.2	34	73	2	0	2	0	0	7	212
Octubre	18.7	23.4	14.0	55	73	4	0	2	1	0	5	193
Noviembre	14.6	19.6	9.7	43	73	4	0	1	1	0	6	163
Diciembre	11.7	16.8	6.6	33	74	4	0	1	1	1	7	146
Año	17.1	22.0	12.3	339	71	33	0	13	9	4	91	2500

Tabla 1.- Desglose de precios en % de la instalación térmica.

T	Temperatura media mensual/anual (°C).
TM	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C).
Tm	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C).
R	Precipitación mensual/anual media (mm).
H	Humedad relativa media (%).
DR	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm.
DN	Número medio mensual/anual de días de nieve.
DT	Número medio mensual/anual de días de tormenta.
DF	Número medio mensual/anual de días de niebla.
DH	Número medio mensual/anual de días de helada.
DD	Número medio mensual/anual de días despejados.
I	Número medio mensual/anual de horas de sol.

**2.1.3.- Demanda energética prevista. Dimensionado básico.**

Como no se disponen de datos concretos acerca de los consumos, se realizará un estudio previo de la demanda diaria prevista. La temperatura media estimada de consumo para el cálculo es de 45°C y se considera el mismo número de usuarios masculinos y femeninos.

**- Demanda en cocina:**

Plazas del comedor: 200 alumnos.

Turnos de comedor: 2 turnos por día.

Nº de comidas diarias: 400 comidas.

Consumo establecido por comida: 7 l/comida.

Consumo total: 2800l/día.

**- Demanda en vestuarios:**

Horario de utilización: desde 16.30 hasta 19.30.

Nº clases y alumnos por clase: 5 actividades con 20 alumnos cada una.

Nº de usos diarios de duchas: 100 usos.

Consumo establecido por uso: 15 l/uso.

Consumo total: 1500l/día.

**- Demanda total:**

Consumo total diario: 4300l/día

Demanda unitaria por alumno: 4.77 l/alumno.

Demanda unitaria establecida de diseño: 5l/alumno.

Factor correspondiente a una distribución de ACS a 45°C: 1,458

Demanda total corregida a 45°C: 6500l/día.

A partir de los datos anteriores podemos calcular las necesidades energéticas para cada mes (hoja de carga), deberá tenerse en cuenta que solo habrá demanda los días lectivos y no se tendrán en cuenta los fines de semana.

	Ocupación %	T <sub>AF</sub> °C	ΔT °C	D <sub>mes</sub> kWh/mes
Enero	70	8	37	6053,87
Febrero	75	9	36	5700,24
Marzo	75	11	34	5960,37
Abril	70	13	32	5066,88
Mayo	75	14	31	5434,45
Junio	75	15	30	5089,50
Julio	0	16	29	0,00
Agosto	0	15	30	0,00
Septiembre	75	14	31	5259,15
Octubre	75	13	32	5609,76
Noviembre	75	11	34	5768,10
Diciembre	60	8	37	5189,03
<b>Total:</b>				<b>55.131,35</b>

Tabla 2.- Demanda energética anual esperada por la instalación.



Dónde:

En la primera columna se hace referencia a la ocupación del local, o del consumo respecto al consumo máximo estimado en tanto por ciento.

La segunda columna representa la temperatura media del agua de la red de suministro en grados centígrados; obtenidos de la tabla de temperatura de agua de red de CENSOLAR contemplada por el Pliego de Condiciones tal del tal del IDAE.

La tercera columna expresa la diferencia entre la temperatura de consumo estipulada y la temperatura del agua de la red de suministro.

La quinta columna expresa la demanda energética necesaria para cubrir el consumo de agua caliente en kilovatios hora.

#### 2.1.4.- Superficie de captadores solares.

El dimensionado de la superficie captadora se ha llevado a cabo utilizando el método de cálculo f-Chart con el que se obtienen, para las características de la instalación especificadas y los captadores solares 3.0 TINOX de Salvador Escoda, los siguientes datos:

<b>Ciudad:</b>	Cartagena	<b>Acimut:</b>	0	<b>Nº Alumnos:</b>	900
<b>Latitud:</b>	37°	<b>T<sub>med</sub> red:</b>	12,3°	<b>Cons Alum:</b>	5
<b>Inclinación:</b>	45°	<b>T acum:</b>	45°	<b>Cons Modif:</b>	7,22
<b>Nº Colectores:</b>	24	<b>Ef óptica:</b>	3,5	<b>V acu total:</b>	6000 l
<b>Área Colector:</b>	2,66 m <sup>2</sup>	<b>Cef global:</b>	0,75	<b>Per acumula:</b>	15%
<b>Sc total:</b>	63,84 m <sup>2</sup>	<b>MAI:</b>	0,96	<b>Per orient:</b>	0,768%
<b>Nº Acumula:</b>	2	<b>Vol Acum:</b>	3000 l	<b>Per sombra:</b>	0

	<b>Gdm</b> kWh/m2	<b>f</b>	<b>D<sub>mes</sub></b> kWh/mes	<b>EU<sub>mes</sub></b> kWh/mes	<b>Déficit</b> kWh/mes	<b>Cobertura</b> %
Enero	3,84	0,6083	6053,87	3654,49	2399,37	60,37
Febrero	5,18	0,7602	5700,24	4299,98	1400,26	75,43
Marzo	5,21	0,7928	5960,37	4689,04	1271,33	78,67
Abril	5,61	0,9047	5066,88	4549,02	517,86	89,78
Mayo	5,98	0,9363	5434,45	5049,22	385,23	92,91
Junio	6,12	0,9778	5089,50	4938,30	151,20	97,03
Julio	6,85	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	6,53	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	6,05	0,9587	5259,15	5003,40	255,75	95,14
Octubre	5,25	0,8362	5609,76	4654,79	954,97	82,98
Noviembre	4,03	0,6390	5768,10	3657,58	2110,52	63,41
Diciembre	3,31	0,5935	5189,03	3056,11	2132,92	58,90
<b>Total:</b>			55.131,35	43.551,93	11.579,42	78,99

Tabla 3.- Resumen del cálculo f-Chart para el dimensionado de la instalación.



Donde:

La primera columna hace referencia a la energía captada por un plano inclinado a  $45^\circ$  en kilovatios hora por cada metro cuadrado.

La segunda columna expresa el factor  $f$ , denominado fracción energética mensual, aportada por el sistema de captación solar, siendo éste un parámetro adimensional.

En la tercera columna se hace referencia a la demanda energética mensual total.

La cuarta columna hace referencia a la energía mensual producida por el sistema de captación y por tanto la energía solar aprovechada para ACS.

La quinta columna expresa la energía que debe ser aportada por el sistema de apoyo para alcanzar la demanda total de los usuarios.

Por último la sexta columna representa la proporción de energía que se utiliza para el consumo de ACS.

En conclusión, para obtener una fracción solar anual de 78,99 % se deberán instalar  $63,84 \text{ m}^2$  de captación, lo que es lo mismo, 24 captadores de  $2,66 \text{ m}^2$  de las características especificadas anteriormente.

En la siguiente gráfica se muestra la demanda mensual estimada de agua caliente sanitaria contra la producción energética solar total calculada a lo largo de un año. El volumen rojo representa la demanda de ACS y el volumen azul la producción solar.

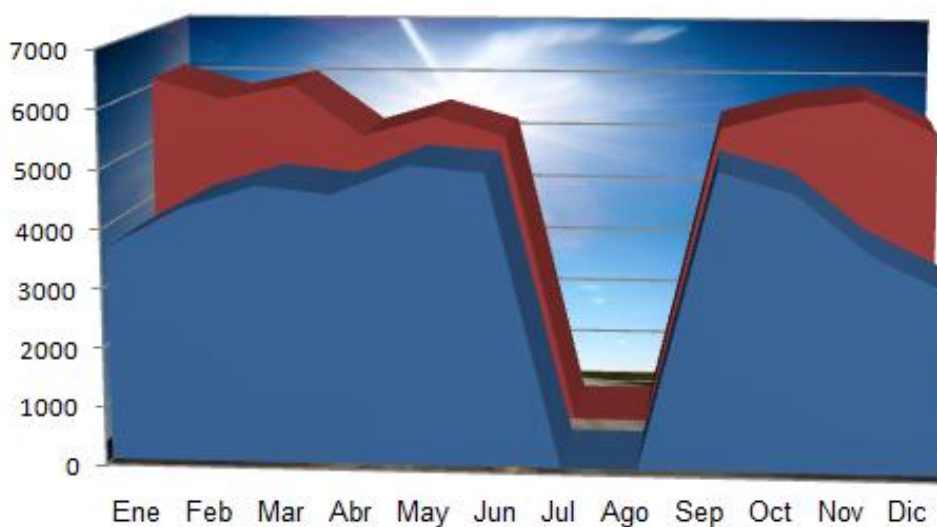


Figura 1.- Demanda anual esperada frente a la producción calculada que aportará la instalación.

### 2.1.5.- Estructura soporte.

La estructura soporte de los captadores ha de resistir las sobrecargas del viento de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88. Su diseño deberá estar acorde a la EA-95.

Los veinticuatro captadores se dispondrán en baterías de seis captadores cada una con un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a la horizontal. La estructura será del fabricante



HILTI y estará hecha de perfiles especiales de aluminio y elementos de acero inoxidable atornillados.

La estructura descansa sobre zapatas de hormigón. En ellos reposan las riostras transversales de aluminio para el posterior montaje de los módulos. Los soportes se ajustan a la altura considerada. Las pequeñas irregularidades del terreno se compensan fácil y rápidamente. El esquema del perfil se representa en la siguiente imagen.

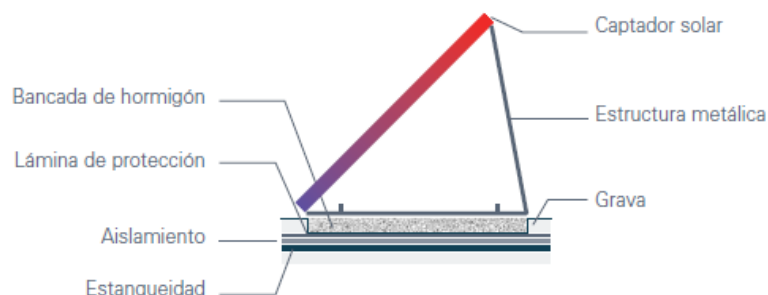


Figura 2.- Esquema de la disposición de las zapatas de hormigón para la sujeción de la estructura.

Para el cálculo de las zapatas de hormigón de los captadores se parte de los datos:

- Velocidad viento: 38m/s (975N/m<sup>2</sup>).
- Superficie del captador: 2,66 m<sup>2</sup>
- Inclinación: 45°
- Densidad hormigón: 2000kg/m<sup>3</sup>.

Para el cálculo de la fuerza que ejerce el viento sobre los captadores se utiliza la siguiente expresión:

$$f = P \cdot S \cdot n \cdot \text{sen}\alpha \quad (1)$$

Donde:

$f$ : fuerza del viento (N).

$P$ : Presión del viento (N/ m<sup>2</sup>).

$S$ : Superficie del captador (m<sup>2</sup>).

$n$ : El número de captadores de la batería.

$\alpha$ : Ángulo de inclinación del captador.

Por tanto la fuerza ejercida por el viento sobre los captadores será:

$$f = 975 \cdot 2,66 \cdot 6 \cdot \text{sen}45^\circ = 11.003N \quad (2)$$

Una vez conocida la fuerza que ejerce el viento sobre el captador, se realiza el cálculo del volumen que ha de tener cada zapata de la batería de captadores:

$$V_s = \frac{f}{\delta} \quad (3)$$

Donde:

$V_s$ : Volumen de la zapata (m<sup>3</sup>).

$f$ : fuerza del viento ejercida sobre el captador (Kg).

$\delta$ : Densidad del hormigón (2000 Kg/m<sup>3</sup>).

Obedeciendo a esta ecuación el volumen mínimo de las zapatas será de 0,56m<sup>3</sup>. Si se escogen dos zapatas de largo 7,5m y de ancho 0,3m, la altura de éstas será de 0,25m.





### 2.1.6.- Distribución de los captadores.

El campo de captación será distribuido en cuatro baterías de 6 captadores cada una, la conexión entre los paneles se realizará en paralelo mientras que la conexión entre baterías será en configuración de retorno invertido, para aprovechar al máximo las temperaturas alcanzadas.

La distancia mínima entre baterías deberá responder a la siguiente ecuación:

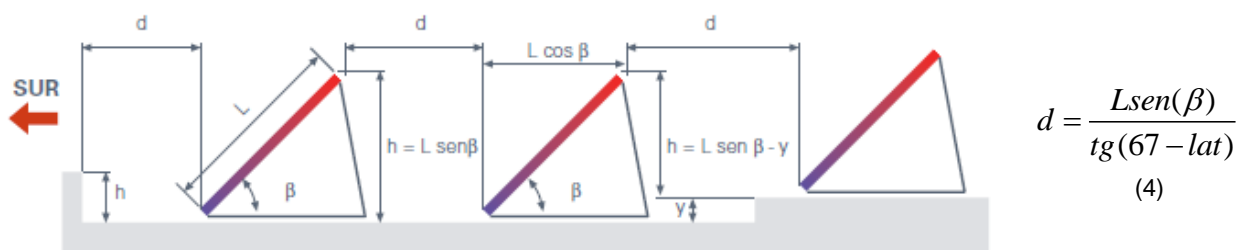


Figura 3.- Esquema conceptual para el cálculo de la distancia entre captadores.

Teniendo en cuenta que la longitud del captador es de 2,3m, la inclinación del captador como ya se ha dicho es de 45° y la latitud a la que se encuentra la instalación es de 37°, la distancia mínima entre captadores calculada sería de 2,82m, donde la distancia real mínima entre captadores será de 3m.

En el campo de captación se encuentran una serie de lucernarios con una altura de 0,8m, por tanto la distancia que habrá que dejar entre la batería de captadores y dichos obstáculos será de 1,4m.

### 2.1.7.- Sistema de acumulación.

Según el Código Técnico de la Edificación el volumen de acumulación deberá garantizar la reserva de ACS esperada para un día, por lo que el volumen de acumulación deberá estar comprendido entre 50 y 180 veces superior a la suma de las aéreas de los captadores. El sistema de acumulación deberá disponer de los medios oportunos para que se evite la aparición de legionelosis.

De esta manera, el sistema de acumulación diseñado dispondrá de dos acumuladores verticales SMALTOPLAST ACS 408 3000T de Salvador Escoda, con un volumen de 3000l cada uno. De modo que el volumen total de acumulación sea de 6000l, tal y como recomienda el Código Técnico de la Edificación.

### 2.1.8.- Sistema de intercambio.

El sistema de intercambio se realizará mediante un intercambiador externo de placas desmontables, obteniendo así dos circuitos. El fluido caloportador del circuito primario será agua con bajos niveles de sales minerales tal y como indica el CTE, ya que debido al clima de la zona no existe riesgo de fuertes heladas. El circuito secundario estará recorrido por el agua de la red.

El intercambiador de calor será M3FG de 34200Kcal/h (40kW) de Salvador Escoda, respetando así la relación marcada por el CTE donde se indica que la potencia en vatios del intercambiador deberá de ser como mínimo 500 veces superior al área total de captación.



## 2.1.9.- Circuito hidráulico.

### 2.1.9.1.- Tuberías.

#### 2.1.9.1.1.-Generalidades.

Las tuberías a utilizar tanto en el circuito primario como en el secundario serán de cobre, el recorrido se diseñará teniendo en cuenta la menor pérdida de carga y térmica posible. El aislante utilizado para los tramos interiores será tubular flexible K-FLEX SOLAR de poro cerrado sin forro del fabricante Salvador Escoda, mientras que los tramos exteriores serán de aislante tubular flexible K-FLEX SOLAR de poro cerrado forrados con PVC, donde los diámetros escogidos de acuerdo con la normativa para los diámetros de tubería utilizados son:

	35	28	22	18	15
Interior	30	20	20	20	20
Exterior	40	30	30	30	30

Tabla 4.- Diámetro del aislamiento según el diámetro de la tubería.

Además, y tal y como se indica en las especificaciones técnicas, el circuito hidráulico cumplirá las siguientes condiciones:

- El circuito irá provisto de válvulas de seguridad taradas a una presión que garantice que en cualquier punto del circuito no se superará la presión máxima de trabajo de los componentes.
- Se colocarán sistemas antiretorno para evitar la circulación inversa en la entrada de agua fría del captador solar.
- El circuito incorporará un sistema de llenado manual que permitirá llenar y mantener presurizado el circuito.
- Se montarán válvulas de corte para facilitar la sustitución o reparación de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación. Estas válvulas independizarán baterías de captadores, intercambiador de calor, acumulador y bomba.
- Se instalarán válvulas de corte a la entrada de agua fría y salida de agua caliente del depósito de acumulación solar.
- Se instalarán válvulas que permitan el vaciado total o parcial de la instalación.
- En cada zona de la batería de captadores en la que se hayan situado válvulas de corte se instalarán válvulas de seguridad.
- En los puntos altos de la salida de baterías de captadores se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático.
- En el trazado del circuito se evitan en lo posible los sifones invertidos y caminos tortuosos que faciliten el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos de la instalación.
- Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de la circulación.



#### 2.1.9.1.2.-Circuito primario.

El caudal del circuito primario se establece en un valor próximo a 50l/h por cada metro cuadrado de captación solar, teniendo así cuatro tramos con cuatro caudales diferentes y por tanto cuatro diámetros. A continuación se muestra una tabla con los valores de los diámetros de la tubería de cobre según los caudales establecidos en el circuito primario.

Q	Dn	D	v
3200	35	33	1,04
2400	35	33	0,78
1600	28	26	0,84
800	22	20	0,71

Tabla 5.- Velocidades del líquido según caudal y diámetro de la tubería del circuito primario.

Donde:

En la primera columna se hace referencia a los diferentes caudales en litros por hora.

En la segunda columna se muestran los diámetros exteriores de las distintas tuberías en pulgadas.

La tercera columna representa los diámetros interiores de las tuberías.

Por último, la cuarta columna muestra las velocidades alcanzadas por cada tubería en metros por segundo. Según la normativa vigente, estas velocidades no deben sobrepasar los 2m/s en locales habitados y 3m/s en locales no habitados.

La pérdida de carga total en el tramo más desfavorable del circuito primario será de 5,35m.c.a.

#### 2.1.9.1.3.-Circuito secundario.

El caudal del circuito secundario debe ser igual al caudal del circuito primario para favorecer el intercambio de temperatura en el intercambiador de calor externo, por ello la bomba del circuito secundario debe trasegar un caudal total de 3200 l/h. Las tuberías que componen el circuito están dimensionadas de la misma manera que en el apartado 2.1.8.1.2. Circuito primario. Por tanto los valores obtenidos son:

Q	Dn	D	v
3200	35	33	1,04

Tabla 6.- Velocidades del líquido según caudal y diámetro de la tubería del circuito secundario.

#### 2.1.9.1.4.-Circuito de distribución.

El circuito de distribución deberá de ser dimensionado según la demanda de caudal requerido por la presente instalación. Estableciendo un criterio de 6l/min por ducha y 9l/min en la cocina y teniendo en cuenta que el consumo de las 16 duchas será simultáneo, los consumos por circuito serán de 5.780l/h en los vestuarios y 4.300l/h en la cocina. Si tenemos en cuenta que el consumo en la cocina y los vestuarios nunca coincidirán, tomaremos como caudal total 5.780l/h. Con este valor se calculan los diferentes diámetros de los tramos existentes en la instalación.



Q	D <sub>n</sub>	D <sub>i</sub>	v
5760	35	33	1,87
4300	35	33	1,40
5760	35	33	1,87
2880	28	26	1,51
1800	22	20	1,59
1440	22	20	1,27
1080	18	16	1,49
720	18	16	1,00
360	18	16	0,50
300	15	13	0,63

Tabla 7.- Velocidades del líquido según caudal y diámetro de la tubería del circuito de distribución.

Donde:

En la primera columna se hace referencia a los diferentes caudales en litros por hora.

En la segunda columna se muestran los diámetros exteriores de las distintas tuberías en pulgadas.

La tercera columna representa los diámetros interiores de las tuberías.

La cuarta columna muestra las velocidades alcanzadas por cada tubería en las que no se podrá superar los 2m/s al situarse en local habitado.

### 2.1.9.2.- Bombas.

#### 2.1.9.2.1.-Generalidades.

La instalación dispondrá de tres sistemas de bombeo, uno en el circuito primario, otro en el secundario y por último una bomba de recirculación en el sistema de distribución, este último mantiene un caudal continuo en las tuberías de distribución aunque no haya demanda de ACS, asegurándose así una mínima pérdida térmica en el circuito.

Cada uno de los sistemas de bombeo deberá vencer la pérdida de carga producida por el circuito y los elementos instalados en él, así como la altura geométrica entre la cubierta donde se encuentra la instalación y los puntos de consumo, satisfaciendo también la demanda de caudal.

Puesto que la instalación que nos ocupa tiene un área de captación superior a 50m<sup>2</sup> se deberán instalar dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario.

#### 2.1.9.2.2.-Bomba del circuito primario.

Las bombas a instalar en el circuito primario serán idénticas y se montarán en paralelo, dejando a una de ellas de reserva. Estas bombas se instalarán en la zona más fría del circuito y en tramo de tubería vertical. Dichas bombas deberán asegurar una altura de 10,06 m.c.a. con un caudal de 3200l/h. La bomba se alimentará a 230 V y 50 Hz y dispone un variador de velocidad de tres posiciones.



#### 2.1.9.2.3.-Bomba del circuito secundario.

Las bombas a instalar en el circuito primario serán idénticas y se montarán en paralelo, dejando a una de ellas de reserva. Las conexiones entre las bombas y las tuberías estarán correctamente calorifugadas reduciendo así las pérdidas térmicas. Estas bombas se instalarán en tramo de tubería vertical. Dichas bombas deberán asegurar una altura de 4,05 m.c.a. con un caudal de 3000l/h. La bomba se alimentará a 230 V y 50 Hz y dispone un variador de velocidad de tres posiciones.

#### 2.1.9.2.4.-Bomba de recirculación.

El circuito de distribución debe contar con una bomba de recirculación con la impulsión conectada al depósito solar y a la entrada de agua fría de la válvula mezcladora.

El objetivo de la bomba de recirculación es tener un mínimo movimiento del agua cuando no existe consumo, con el fin de evitar que el agua se enfríe en las tuberías. De este modo se garantiza la disponibilidad de agua caliente en un punto cercano al de consumo.

El caudal de recirculación debe ser de 300 l/h compensando una pérdida térmica de 998 vatios, según la siguiente ecuación:

$$Q = \sum \frac{L_i \cdot P_i}{1,16 \cdot \Delta T} = \frac{998,01}{1,16 \cdot 3} = 286,78 \text{ l/h} \quad (5)$$

El diámetro de la tubería de retorno debe ser aquel que garantice una velocidad de entre 0,5 y 2 m/s para que no se produzcan depósitos calcáreos en las conducciones. De este modo el diámetro exterior elegido será de 15 pulgadas, provocando así una pérdida de carga total de 2,64 m.c.a y una velocidad de 0,628m/s.

De modo que la bomba de recirculación deberá asegurar una altura de 2,64 m.c.a. con un caudal de 300 l/h.

#### 2.1.9.3.- Vaso de expansión.

El vaso de expansión a instalar será cerrado y conectado al circuito primario en la aspiración de la bomba. El vaso de expansión deberá soportar los golpes de presión producidos por la dilatación del fluido caloportador, por tanto, para su correcta dimensión habrá que tener en cuenta los siguientes volúmenes:

- Volumen contenido en las tuberías del circuito primario: 60,05l.
- Volumen contenido en el interior de los captadores: 40,08l.
- Volumen contenido en el interior del intercambiador: 3,22l.
- Volumen total: 103,35l.

Finalmente, para el cálculo del volumen del vaso de expansión, no se tendrá en cuenta una reserva de volumen de vaporización ya que en la instalación que nos ocupa no se esperan grandes temperaturas. El volumen final será el obtenido de la siguiente expresión aplicando un factor de seguridad por no haber contado con el volumen de vaporización:

$$V_{\text{vaso}} = V_{\text{tot}} \cdot \varepsilon \frac{P_f}{P_f - P_i} = 103,35 \cdot 0,043 \frac{4,5}{4,5 - 2,5} = 9,99 \text{ l} \quad (6)$$

En resumen, el vaso de expansión elegido será de Salvador Escoda con membrana fija 18SMF con una capacidad de 18l teniendo así un factor de seguridad de casi 1,8.



#### **2.1.9.4.- Purgadores y Drenaje.**

Se dispondrá de un sistema de purga en la batería de colectores. El volumen útil del botellín de desaireación será de  $15 \text{ cm}^3$  por  $\text{m}^2$  de colector, lo que en nuestro caso equivale a un volumen útil de unos  $240 \text{ cm}^3$ .

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñaran en lo posible de forma que no puedan congelarse.

#### **2.1.9.5.- Sistema de ahorro de agua.**

Es recomendable instalar en este tipo de instalaciones algún dispositivo que gestione la producción de agua caliente sanitaria de forma efectiva, sin derroche de la misma, como pueden ser válvulas de control del caudal, aireadores en grifos, etc.

Esto, aparte de permitir un ahorro en la tarifa mensual de agua y una reducción del consumo de la misma, garantiza una combustión economizada de combustible auxiliar, en caso de ser necesario, y por tanto el correspondiente ahorro de emisiones de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, tal y como se describe en el punto 4.3.1.2. Emisiones de  $\text{CO}_2$ , para instalaciones solares térmicas. Gracias a estos sistemas se estima que se puede ahorrar un 17% de agua respecto a instalaciones convencionales, estudios respecto al ahorro de agua en instalaciones de agua caliente sanitaria, afirman que se puede llegar a ahorrar  $0,37\text{Kg}$  de  $\text{CO}_2$  por cada  $1000\text{l}$  de agua.

#### **2.1.10.- Sistema de energía convencional auxiliar.**

##### **2.1.10.1.- Generalidades.**

El sistema de energía convencional auxiliar asegura la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica consumiendo, en nuestro caso, gas natural. Dicho sistema debe diseñarse para cubrir la demanda energética total como si no hubiera un aporte solar, ya que debe tenerse en cuenta que la temperatura de salida del agua de la instalación solar puede variar entre la temperatura de la red (días nublados o lluviosos) y la temperatura máxima de consigna.

Entrará en funcionamiento solo y exclusivamente cuando la demanda sea superior al aporte energético producido por el sistema solar y será capaz de poder variar su potencia para aprovechar eficazmente los beneficios económicos y medioambientales de la utilización de la energía solar. El sistema auxiliar también se encargará de la prevención contra la legionelosis mediante el tratamiento térmico de las aguas de consumo, tal y como se explica en el punto 2.1.12.2. Higiene en la instalación.

En resumen las condiciones que debe cumplir dicho sistema son:

- El sistema ha de soportar la entrada de agua caliente a la temperatura de suministro del sistema de captación solar, que puede incluso superar el valor de consigna.
- El sistema de apoyo debe ser capaz de adaptar su potencia a las necesidades de cada momento. Se deberá aportar la energía necesaria para hacer frente a las diferencias térmicas variables, sin producir un sobrecalentamiento del agua de consumo.
- El funcionamiento del sistema ha de dar prioridad al aprovechamiento de la energía solar frente al consumo de gas.



- El sistema auxiliar se pondrá en funcionamiento, en caso de ser necesario, una vez al día, preferentemente una hora antes de los consumos previstos, para el tratamiento contra legionelosis.

#### **2.1.10.2.- Descripción del sistema centralizado.**

Para asegurar el suministro de ACS aún en condiciones donde el aporte solar no es suficiente o incluso puede llegar a ser nulo, se instalará una caldera de condensación de gas natural centralizada diseñada para cubrir sin problemas la demanda total de agua caliente sanitaria de la instalación. Esta caldera, estará situada en la misma habitación que los demás elementos del sistema de acumulación y suministrará agua caliente mediante un circuito secundario cerrado a un depósito auxiliar final mediante un serpentín alojado en su interior.

El método de funcionamiento del sistema se basa en el calentamiento del agua acumulada del depósito final hasta llegar al valor de consigna, esto es 50°C de temperatura de preparación para el consumo y 60°C de temperatura para el tratamiento de la legionelosis. La caldera se pondrá en funcionamiento únicamente cuando la temperatura de salida hacia la red de distribución sea inferior a 45°C o 50° en el interior del depósito final y este dentro de los tiempos establecidos y previstos para el consumo.

La tecnología de condensación en calderas ha cobrado una creciente importancia en los últimos años, permitiendo una reducción del consumo energético de una media cercana al 15% respecto a los generadores de calor de baja temperatura, con una sensible disminución de las emisiones de NO<sub>x</sub> dando un importante paso hacia el máximo aprovechamiento del combustible con la mínima emisión de sustancias nocivas dentro de la concepción de un desarrollo sostenible.

La condensación consiste en recuperar el vapor de los humos de la combustión y transformarlo en energía para obtener la máxima eficiencia energética. Las calderas de condensación son calderas de gas que por su tecnología aprovechan la energía de la condensación del agua que resulta de la combustión. El sistema de condensación elegido tiene una gran capacidad de adaptación a las demandas variables, consta de varios módulos independientes de quemado que garantizan un amplio rango de funcionamiento eficaz, comprendido entre el 12 y el 100% de la carga nominal, manteniendo constante el rendimiento.

Otra de las ventajas más importantes de este sistema es su gran eficacia relativa estándar, estimada en 110,5%, esto es posible gracias a la recuperación de calor procedente de la condensación, ya que tradicionalmente los valores medidos de rendimiento se hacen sobre el poder calorífico inferior y éstos que no tienen en cuenta el calor de condensación del agua, que se define como el máximo calor que se puede obtener en una combustión racional sin poner en peligro la caldera.

Como se dice anteriormente, y gracias a que los horarios de consumo son conocidos y no flexibles, se puede introducir el parámetro del tiempo como restricción en el sistema de control, de esta manera el sistema auxiliar solo se pondrá en funcionamiento cuando sea realmente necesario, diseñando así una instalación mucho más eficiente. Las condiciones de funcionamiento del sistema están descritas en el punto 2.1.11. Sistema de control.

Para el dimensionado de la caldera y tal y como se ha descrito anteriormente, se debe satisfacer la demanda energética completa, como si fuera el único sistema existente.



Según la siguiente ecuación, la potencia necesaria de la caldera será de 100kW.

$$P = \frac{V(T_{CONS} - T_F)}{h_p} \quad (7)$$

Donde:

V es el volumen de agua requerido.

T<sub>cons</sub> es el valor de la temperatura de consigna.

T<sub>f</sub> es el valor mínimo anual de la temperatura del agua de red.

h<sub>p</sub> es la fracción temporal estimada en cada uso.

En resumen, el sistema de energía convencional auxiliar contará de un depósito final con serpentín en su interior modelo BRVF 1000 de Salvador Escoda de 1000 litros de capacidad total y una caldera de condensación de gas natural modelo F 120/2 de Saunier Duval y potencia nominal 125kW.

Las características de los elementos se especifican en el Anexo I.

#### **2.1.10.3.- Sistema de energía convencional para la cocina.**

A diferencia de la demanda en los vestuarios, el consumo de ACS en la cocina será, en su mayoría, utilizado para el lavado de la vajilla y los utensilios, mientras una pequeña parte de ésta demanda será para usos generales en grifos. Por este motivo se ha creído oportuna la decisión de instalar tres lavavajillas bitérmicos y cubrir el resto de la demanda con la caldera mencionada anteriormente.

Los lavavajillas a instalar son del fabricante ELECTROLUX de la gama Eco-Solar con una clasificación energética de AAA. Los lavavajillas bitérmicos tienen dos entradas de agua, una caliente, procedente del sistema solar, y otra fría, procedente de la red de distribución y son capaces de detectar la temperatura del agua procedente del sistema solar y aprovecharla al máximo. Si la energía demandada por la máquina es superior a la producida por el sistema solar, se pondrá en funcionamiento una serie de resistencias eléctricas de elevado rendimiento de forma automática, llegando a la temperatura requerida.

#### **2.1.11.- Sistema de control y regulación.**

El sistema de control y regulación de una instalación solar asume la función de regular los flujos de energía entre el colector, el sistema de acumulación y el consumo. Consiguiendo, de esta manera, un rendimiento óptimo de la instalación en cada momento. Esto se consigue procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar.

El sistema de control diseñado, por ser un sistema centralizado con intercambiador externo y mayor de 20m<sup>2</sup>, consta de una sonda de insolación (Si), cinco sondas de temperatura (Tc, Tf, Tc, Ti y Tr), una centralita de control, interface de conexión entre el sistema y un Pc y un software de gestión y toma de datos, configurados como se representa en la figura.



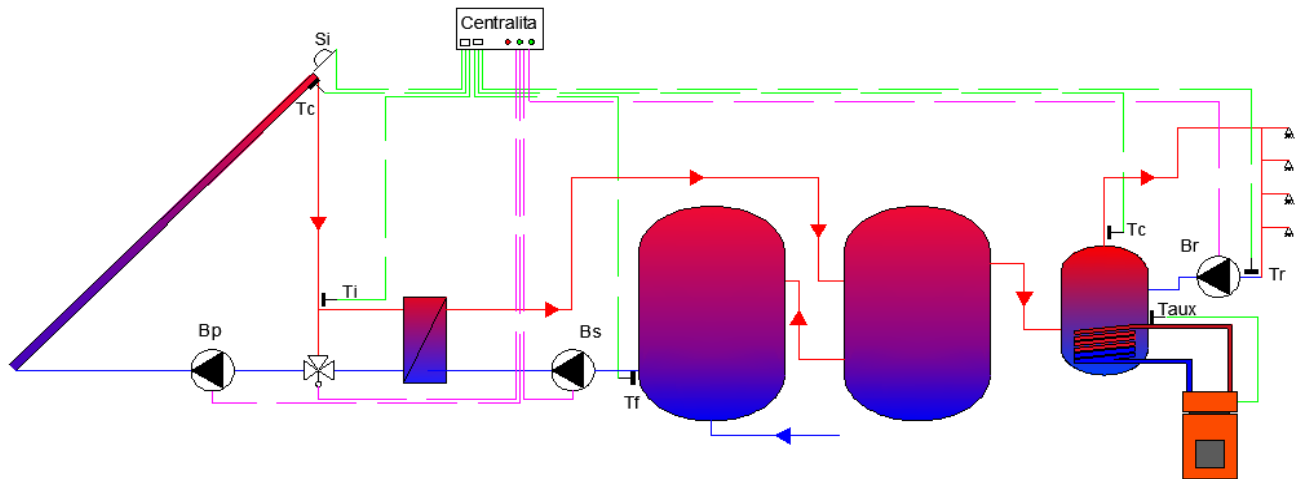


Figura 4.- Esquema conceptual de los elementos de la instalación solar térmica.

El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- La bomba del circuito primario se pondrá en funcionamiento cuando la insolación sobre el campo de captadores, medida por la sonda Si, es suficiente para permitir una captación efectiva de energía.
- Cuando la bomba del circuito primario está en marcha, y la sonda de temperatura situada a la entrada del intercambiador externo (Ti) detecta una temperatura de entre 5 a 7°C superior a la temperatura medida en la parte fría del sistema de acumulación (Tf), la centralita pone en marcha la bomba del circuito secundario.
- La bomba del circuito secundario se detiene cuando la diferencia de temperaturas antes mencionadas es inferior a 2°C.
- La bomba de recirculación se regulará según la diferencia de temperatura detectada entre los sensores térmicos situados en la parte superior del sistema de acumulación (Tc) y la canalización de retorno del circuito de distribución. Esta diferencia térmica debe estar entre 5 a 7°C.
- La bomba del circuito de distribución se detendrá cuando la diferencia de las temperaturas mencionadas no supere los 2°C y no estará en funcionamiento en períodos nocturnos.
- Cuando la temperatura en el campo de captación, medida por la sonda (Ts), sea elevada, la bomba del circuito primario se detendrá hasta que disminuya este valor.
- Si la temperatura en el campo de captadores (Ts) desciende a 3°C la bomba del circuito primario se pondrá en funcionamiento para evitar heladas.
- La válvula mezcladora se abrirá cuando la temperatura captada por el sensor térmico Tc sea superior a 70°C, para evitar quemaduras en los usuarios o cuando se supere la temperatura máxima soportada por los componentes del sistema.
- La caldera del sistema auxiliar solo se pondrá en marcha cuando el sistema solar no sea suficiente para la demanda por los usuarios. El sensor Taux controla la temperatura interior del depósito final, cuando esta temperatura es inferior a la temperatura de preparación para el consumo y se está dentro del



intervalo de tiempo programado (media hora antes de los consumos establecidos) se encenderá la caldera hasta llegar al valor de consigna.

- Para asegurar la circulación hacia el acumulador final y tener la máxima temperatura en espera en su interior, el nivel superior de agua en éste depósito deberá estar siempre por debajo del nivel superior de los acumuladores solares, de esta forma se aprovechará la teoría de la fluidoestática y se asegurará la mezcla efectiva de agua.
- Para el tratamiento térmico contra legionelosis se programará el funcionamiento de la caldera una hora antes del primer consumo previsto del día, este consumo será al medio día en la cocina, siempre y cuando este justificado. La temperatura del sistema de acumulación se llevará hasta los 60°C.

#### **2.1.11.1.- Sistema de medida.**

A parte de los elementos de medida mencionados anteriormente para el correcto funcionamiento del sistema de control y regulación, se debe hacer referencia a los sistemas de medida que, si bien no tienen incidencia sobre el comportamiento de la instalación, son de gran utilidad para evaluar su funcionamiento y cuantificar sus prestaciones reales como rendimiento, producción energética o fracción solar o simplemente verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Estos elementos son por ejemplo sensores de temperatura, manómetros, termómetros y caudalímetros.

Los sistemas de medida secundarios a instalar y las condiciones de su instalación son los siguientes:

- Medida de temperatura:
  - Elementos:
    - Un sensor térmico a la salida de cada batería de captadores.
    - Un termómetro en el retorno hacia los captadores solares posterior a las bombas del circuito primario.
    - Un sensor térmico a la salida del sistema de acumulación.
    - Un termómetro para comprobar la temperatura de distribución o utilización.
    - Un termómetro en cada entrada y salida del intercambiador exterior de placas.
    - Un termómetro en el circuito de recirculación.
    - Un termómetro en la entrada de agua fría de red.
  - Condiciones:
    - La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos se hará mediante sensores diferenciales térmicos debidamente conectados.
    - Las sondas serán de inmersión y se asegura el correcto contacto con el fluido, instalándolas a contracorriente y en lugares donde se creen turbulencias.
    - Los sensores deberán soportar las máximas temperaturas previstas en el lugar de su instalación.
- Medida de presión:
  - Elementos:
    - Un manómetro para conocer la altura suministrada por las bombas.
    - Un manómetro para conocer la presión del circuito primario.
    - Un manómetro en el circuito secundario.



- Un manómetro en cada uno de los acumuladores solares.
- Un manómetro en la red de distribución.
- Condiciones:
  - Los manómetros a instalar serán de muelle tubular de montaje radial.
  - Se utilizará manómetros diferenciales para la medición de los saltos de altura proporcionados por las bombas.
  - Los elementos instalados para la medición de las distintas presiones deberán garantizar una pérdida de carga mínima.
- Medida de caudal:
  - Elementos:
    - Un caudalímetro en el circuito primario.
    - Un caudalímetro en el circuito secundario.
    - Un caudalímetro en el circuito de recirculación.
    - Un contador de agua a la entrada de la red de distribución.
  - Condiciones:
    - Los caudalímetros a instalar serán del tipo de área variable con una precisión no inferior a  $\pm 3\%$ .
    - El contador de agua a la entrada de la red de distribución deberá estar precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas.

Para tener mayor detalle del comportamiento de la instalación solar es posible incluir un equipo de seguimiento que permita conocer permanentemente el estado de la instalación y, a la vez, cuantificar la energía producida. Los datos de funcionamiento pueden ser transferidos a distancia para su tratamiento y almacenamiento para la confección balances mensuales y anuales de la instalación.

#### **2.1.11.2.- Sistema de monitorización.**

Puesto que la instalación que ocupa este proyecto es mayor de  $40\text{m}^2$ , se ha optado por un sistema que permita conocer permanentemente el estado de la instalación y, a la vez, cuantificar la energía producida. Los datos de funcionamiento serán tratados y almacenados para la confección de balances mensuales y anuales, históricos, medias, etc. Este sistema se apoya en el sistema de medida y en el de control.

Los datos que serán procesados por el sistema son:

- Temperatura de salida de las baterías de captadores.
- Temperatura fría del sistema de acumulación.
- Temperatura caliente del sistema de acumulación.
- Temperatura de entrada de agua fría de red.
- Temperatura de suministro al usuario.
- Temperatura ambiente exterior.
- Caudal del circuito primario.
- Caudal de agua fría de red.
- Aportación energética del sistema auxiliar.



Con la gestión de los datos obtenidos se podrá cuantificar:

- Temperatura media de suministro de agua caliente de consumo.
- Temperatura media de agua caliente acumulada.
- Consumo de ACS por los usuarios.
- Demanda de energía térmica.
- Energía solar térmica aportada por el sistema solar
- Energía auxiliar consumida.
- Fracción solar mensual y media.
- Consumo eléctrico propio de la instalación.

El sistema de monitorización realizará la adquisición de datos, con la siguiente frecuencia:

- Toma de medidas o estados de funcionamiento: cada minuto.
- Cálculo de medias de valores y registro: cada 10 minutos.
- Tiempo de almacenamiento de datos registrados: mínimo 1 año.

El sistema de monitorización registrará, con la misma frecuencia, el estado de funcionamiento de las bombas de circulación de primario y secundario, la actuación de las limitaciones por máxima o mínima y el funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

Para crear interés por las energías renovables en el centro educativo, se instalará en el hall del edificio principal un monitor donde se represente de forma didáctica los valores más relevantes y significativos de la instalación térmica, tales como producción instantánea, ahorro energético real o las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas.

## **2.1.12.- Seguridad e higiene.**

### **2.1.12.1.- Seguridad en la instalación.**

En la instalación solar diseñada, tanto en el diseño como en la ejecución como en el uso de la instalación, es necesario respetar los requisitos establecidos en las normas EN 12975, EN 12976 e ISO 9806.

A continuación se dan las pautas de seguridad establecidas por estas normas:

- Se instalará una válvula de seguridad entre cada dos válvulas de corte, situadas a la entrada y salida de cada batería de captadores.
- Las válvulas de seguridad estarán siempre conducidas, y sus conductos soportarán las condiciones climáticas adversas. Dichas válvulas soportarán también las temperaturas máximas previstas.
- Se instalará una válvula de seguridad principal en la parte fría del circuito primario, que responderá ante que las válvulas de seguridad instaladas en cada batería del campo de captadores y debe aguantar la temperatura máxima prevista.
- El vaso de expansión instalado debe soportar las presiones producidas por la dilatación del fluido en el momento de máxima potencia.
- Para evitar las condiciones de estancamiento en los meses de mayor radiación y con ello el sobrecalentamiento excesivo de la instalación, se debe disponer



de un sistema que evite que se alcancen estas elevadas temperaturas y se ponga en peligro la integridad de la instalación:

- Cuando la radiación en el campo de captadores sea excesiva, se procederá al tapado de los captadores con lonas pintadas de colores reflectantes, adecuando la energía generada a la demanda necesaria.
- Ya que en los meses de verano no existe demanda energética por los usuarios y es la época del año donde más riesgos térmicos hay, se procederá al vaciado del circuito y su posterior llenado días antes del comienzo del período lectivo.

#### **2.1.12.2.- Higiene en la instalación.**

En cuanto a lo que respecta la higiene de la instalación se debe de hacer mención al correcto diseño que garantice el control de la legionelosis.

La legionella pneumófila es una bacteria que se halla ampliamente extendida en medios acuáticos remansados, ésta bacteria no afecta al ser humano al ser ingerida, pero provoca unos cuadros clínicos cuando es inhalada por individuos débiles como ancianos, enfermos, fumadores, etc. y prolifera adecuadamente en temperaturas tibias cercanas a los 37°C aproximadamente.

Por estos motivos el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio regula los aspectos mínimos técnicos para su prevención y control en sistemas solares de ACS y donde se dice, "Cuando se utilice un sistema de aprovechamiento térmico en el que se disponga de un acumulador conteniendo agua que va a ser consumida y en el que no se asegure de forma continua una temperatura próxima a 60°C, se garantizará posteriormente, que se alcance una temperatura de 60°C en otro acumulador final antes de la distribución hacia el consumo."

Gracias a que el volumen acumulado en la instalación a diseñar es aproximadamente el consumido diariamente por los usuarios y, además, el circuito de distribución asegura la recirculación del agua, evitando así la estanciedad en los depósitos de acumulación, las condiciones para la reproducción de la legionella no son peligrosas.

Aún así se debe cumplir con lo mencionado en el Real Decreto 865/2003, por ello y como se ha hecho mención en algunos puntos anteriores, el sistema de acumulación será llevado a una temperatura de 60°C una vez al día, solo cuando el sistema solar no pueda llegar a este nivel se hará uso del sistema auxiliar para este fin y dentro del horario estipulado para aprovechar la energía aportada en su uso como ACS.

Por tanto es conveniente llevar la temperatura de acumulación a 60°C y dos veces al año a 70°C.



## 2.2.- Instalación Solar Fotovoltaica.

### 2.2.1.- Datos de partida.

El objeto del siguiente apartado es la definición de las condiciones técnicas para la realización de un sistema de generación y venta de energía eléctrica mediante el aprovechamiento solar fotovoltaico, formando un campo de 66,64kW<sub>p</sub>, con un total de 238 módulos. La potencia total estará repartida en cuatro zonas ubicadas en las distintas cubiertas del edificio. A continuación se muestra la ubicación de los grupos de módulos correspondientes a cada inversor, su denotación y la potencia de cada uno.

Zona	Inversor	Denotación	Potencia
Infantil	Inversor 1 (20kW)	G1	19,6 kW <sub>p</sub>
Cubierta 2º	Inversor 2 (15kW)	G2	15,68 kW <sub>p</sub>
Cubierta 4º (1)	Inversor 3 (15kW)	G3	15,68 kW <sub>p</sub>
Cubierta 4º (2)	Inversor 4 (15kW)	G4	15,68 kW <sub>p</sub>

Tabla 8.- Distribución de los inversores según zona y potencia.

También será objeto de estudio la instalación necesaria para la conexión eléctrica a la red eléctrica, la cual se hará a 400V y 50Hz, buscando siempre la mayor eficiencia en los inversores.

No existen edificios ni obstáculos en alrededores que puedan proyectar sombras que disminuyan la producción del sistema significativamente.

### 2.2.2.- Descripción de los equipos.

#### 2.2.2.1.- Módulos fotovoltaicos.

La instalación fotovoltaica estará formada por cuatro zonas anteriormente definidas. En total se instalarán 238 módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino distribuidos por Ibersolar del fabricante SUNTECH, modelo STP280s con una potencia pico de 280 kW<sub>p</sub>. Las principales características del módulo elegido se pueden encontrar en el Anexo I adjunto.

Los módulos se fabrican con células de alto rendimiento, cumplen los estándares internacionales de calidad y tiene los siguientes certificados: IEC 61215, TÜV Clase de Seguridad II y CE.

#### 2.2.2.2.- Inversores.

El sistema fotovoltaico definido contará con cuatro inversores trifásicos distribuidos por Ibersolar y del fabricante INGECON SUN, tres de los cuales serán del modelo Ingecon Sun 15 con 15kW cada uno y uno de ellos será del modelo Ingecon Sun 20 con 20kW. Las principales características de los inversores se pueden encontrar en el Anexo I adjunto.

Ambos tipos de inversor cuentan con protecciones contra polarización inversa, contra sobretensiones transitorias en la entrada y en la salida, contra cortocircuitos y sobrecargas en la salida, contra fallos de aislamiento, de sobret temperatura, protección anti-isla y protecciones para la interconexión de máxima y mínima tensión y frecuencia. Tal y como se especifica en el apartado 2.2.4.5. Conexión a red.



### **2.2.2.3.- Cableado y protecciones.**

En la instalación que ocupa se utilizará secciones de cableado normalizadas e incluidas en el Reglamento de Baja Tensión 842/2002 e ITCs, estas secciones se calcularán para que cumplan lo establecido en cuanto a caídas de tensión, pérdida de potencia, efectos térmicos y cortocircuitos. Todos los conductores serán XLPE Cu 0,6/1 kV tanto para el lado de CC como el lado de CA. Se instalarán en tubo protector de PE en canalización empotrada en obra o montaje superficial en los tramos interiores y de distribución en el campo solar; y en canalización subterránea para la acometida hacia el nudo de conexión a red.

Las conexiones entre módulos se harán mediante conexiones rápidas Suntech Plug Type IV con sección del LAPP de 4,0 mm<sup>2</sup> y longitudes de 1,2m para el terminal negativo y 0,8m para el terminal positivo.

Cada inversor estará previsto de un seccionador en la entrada con corte en tensión en el lado de alterna mediante conector rápido el cual asegura la no existencia de arco eléctrico, a parte de las protecciones incluidas en cada inversor, se instalará los siguientes sistemas de protección:

- El inversor llevará protección de máxima y mínima tensión y frecuencia incluido en su electrónica, para lo que se aporta un certificado en cumplimiento del art. 11 aptdo 7 del RD 1663/2000.
- Un interruptor magnetotérmico a la salida de AC de cada inversor diseñado para soportar las características eléctricas de la rama a proteger.
- Un interruptor magnetotérmico y otro diferencial en el cuadro de salida de la instalación instalado en un lugar accesible para la empresa distribuidora.
- Cada grupo de módulos llevará a la salida un grupo de diodos de bloqueo que eviten la disipación de la energía en situaciones de defecto eléctrico.

Las mencionadas protecciones se instalarán en la habitación de control del sistema ubicada en el interior del edificio principal con el fin de proteger la línea ante cualquier manipulación, avería contactos directos e indirectos corrientes de fuga, etc. Las protecciones magnetotérmicas, diferenciales, fusibles y diodos se ubicarán en el interior de la caja de protecciones FLEXware 1000. Las características de la caja de protecciones se pueden encontrar en el Anexo I adjunto.

Las características técnicas del circuito y de las protecciones se representan en el plano correspondiente a la instalación eléctrica.

### **2.2.3.- Diseño de la instalación.**

#### **2.2.3.1.- Balance energético.**

##### **2.2.3.1.1.- Generalidades.**

A continuación se plantean brevemente las características de producción eléctrica anual esperada de la instalación fotovoltaica que ocupa en este documento. Los cálculos han sido realizados con las características técnicas de los módulos fotovoltaicos de SUNTECH anteriormente descritos y los datos climatológicos han sido



extraídos de la Agencia Estatal de Meteorología para la estación ubicada en el Aeropuerto de San Javier.

#### 2.2.3.1.2.-Performance ratio.

El performance ratio o rendimiento energético de la instalación es la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta:

- La dependencia de la eficiencia con la temperatura:

Las células fotovoltaicas varían su eficiencia en función de la temperatura de funcionamiento. Estas pérdidas dependen de la irradiancia solar, de la temperatura ambiente y de la temperatura nominal de operación de las células y se determinan según el rendimiento térmico de los módulos elegidos. Estos rendimientos se calculan para cada mes, pues se determinan con la temperatura ambiente para sus días característicos. En la instalación que nos ocupa el coeficiente de potencia frente temperatura es de  $-(0,48 \pm 0,05) \text{ \%}/\text{K}$ .

- Pérdidas por el polvo y suciedad:

La acumulación de polvo sobre los módulos produce una reducción de la potencia y depende básicamente de la inclinación de éstos, cuanto mayor es la inclinación menor es la cantidad de polvo acumulado. El valor de estas pérdidas suele estimarse en el 2,5%, por ello es fundamental plantear las labores de limpieza de forma periódica.

- Pérdidas por dispersión de parámetros entre paneles:

Los paneles de una misma serie normalmente presentan una ligera diferencia de potencia, cuando conectamos varios módulos se produce una limitación sobre la corriente de la serie, ya que el panel que disponga de menor potencia de todos los conectados no va a permitir que circulen más amperios que los máximos que el pueda dar. Estas pérdidas pueden reducirse a valores entre 1 y 4% siempre que los módulos fotovoltaicos se clasifiquen anteriormente a su instalación.

- Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia:

Una de las funciones más importantes de los inversores de conexión a la red es hacer trabajar al campo fotovoltaico en el Punto de Máxima Potencia, sin embargo se considera que se producen unos errores de aproximadamente un 1%.

- Pérdida por la eficiencia energética del inversor en operación:

Estas pérdidas son las asociadas al rendimiento que aparece en los catálogos de los inversores. En los catálogos de ibersolar y como se indico en el punto 2.2.2.2. Inversores, este rendimiento es de 94% para el inversor Ingecon Sun 15 y de 95% para el inversor Ingecon Sun 20. A parte los inversores tienen unas pérdidas en el umbral de arranque estimadas en un 1%.

- Pérdida por inclinación y orientación del generador:

Las pérdidas producidas por la inclinación y orientación del generador se calculan tal y como se especifica en el documento básico de ahorro de energía HE-5 del Código Técnico de la Edificación. Para la inclinación de  $30^\circ$  y azimut de  $0^\circ$  (esto significa que los generadores están perfectamente dirigidos al Sur), el valor de estas pérdidas según la siguiente ecuación será:

$$Pérdidas(\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2] \quad (8)$$





Donde  $\beta$  es el ángulo de inclinación de los paneles y  $\alpha$  el ángulo de azimut en grados sexagesimales.

Por tanto las pérdidas totales para estos valores se estiman en 0,588%.

- Pérdida por la eficiencia del cableado:

Las pérdidas por la eficiencia del cableado son debidas tanto a las caídas óhmicas del cableado como las conexiones. En todo el trayecto de la energía eléctrica se produce unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión cuando una determinada corriente circula por un conductor de un material y sección determinados. Las pérdidas por este fenómeno están calculadas en el apartado 2.2.3.4. Secciones de cableado, las cuales resultan un total de 1,33%.

- Otras pérdidas:

Bajo este concepto se incluyen pérdidas en equipos de protección, bornes, equipos de medida, energía reflejada por el panel fotovoltaico, etc. Este valor se estima en aproximadamente el 2%.

Después del anterior desglose donde se hace referencia y se hallan todos los tipos de pérdidas existentes en una instalación fotovoltaica, se está en disposición de calcular el rendimiento general de la instalación (PR) para cada mes y para cada inversor.

	Ltemp	Lpol	Ldis	Lpmp	Linv	Linc	Lcab	Lotros	PR
<b>Enero</b>	93,01%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	79,41%
<b>Febrero</b>	92,43%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	78,91%
<b>Marzo</b>	91,83%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	78,40%
<b>Abril</b>	91,04%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	77,73%
<b>Mayo</b>	89,77%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	76,64%
<b>Junio</b>	88,43%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	75,50%
<b>Julio</b>	87,46%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	74,67%
<b>Agosto</b>	87,35%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	74,58%
<b>Septiembre</b>	88,65%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	75,69%
<b>Octubre</b>	90,47%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	77,24%
<b>Noviembre</b>	91,39%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	78,03%
<b>Diciembre</b>	93,12%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	79,50%

Tabla 9.- Desglose de los distintos rendimientos y cálculo del Performance Ratio.

#### 2.2.3.1.3.-Producción anual esperada.

Para la estimación de la energía producida anualmente, se procederá según el método establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas de Conexión a Red del IDAE. En el siguiente cuadro se muestran los datos de las variables de las que depende este método de cálculo y la energía anual producida según la ecuación.

$$P_{\text{día}} = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}} \quad (\text{KWh/día}) \quad (9)$$



Donde:

$P_{mp}$  es la potencia pico del generador y  $G_{CEM} = 1 \text{ kW/m}^2$ .

	G	K	$G_{dm}$	PR	$P_{dia}$	$P_{mes}$
Enero	2,81	1,33	3,737	79,41%	197,77	6130,89
Febrero	4,11	1,24	5,096	78,91%	268,01	7504,28
Marzo	4,61	1,14	5,255	78,40%	274,58	8511,90
Abril	5,67	1,03	5,840	77,73%	302,50	9075,03
Mayo	6,72	0,96	6,451	76,64%	329,49	10214,28
Junio	7,11	0,93	6,612	75,50%	332,68	9980,40
Julio	7,69	0,96	7,382	74,67%	367,35	11387,88
Agosto	6,53	1,04	6,791	74,58%	337,51	10462,74
Septiembre	5,17	1,17	6,048	75,69%	305,09	9152,73
Octubre	3,86	1,32	5,095	77,24%	262,26	8130,21
Noviembre	2,72	1,42	3,862	78,03%	200,83	6024,92
Diciembre	2,25	1,41	3,172	79,50%	168,08	5210,51

Tabla 10.- Resumen del cálculo de producción energética anual.

Donde:

G es la radiación captada por un cuerpo negro horizontal en  $\text{kWh/m}^2$ , estos datos están sacados de las tablas de temperatura y radiación del IDAE.

K es el factor de corrección para superficies inclinadas, sacados para una inclinación de  $30^\circ$  en la latitud de  $37^\circ$  de las tablas de temperatura y radiación del IDAE.

$G_{dm}$  es la radiación captada por un cuerpo negro inclinado  $\beta$  grados en  $\text{kWh/m}^2$ .

PR es el performance ratio o rendimiento energético de la instalación, calculado anterior mente.

$P_{dia}$  es la potencia total generada por la instalación durante un día, en kWh.

$P_{mes}$  es la potencia mensual generada por la instalación en kWh.

Tras los cálculos oportunos, se estima que la instalación será capaz de producir un total de 101.785,78kWh anuales lo cual supondrá un ingreso aproximado de 45.000€ anuales contando que el precio del kWh estipulado para régimen especial es de unos 0,44€/kWh.

### 2.2.3.2.- Estructura soporte.

La estructura soporte de los generadores ha de resistir las sobrecargas del viento de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88. Su diseño deberá estar acorde a la EA-95.

Los 238 módulos de la instalación se encuentran distribuidos en un total de 20 generadores con una configuración diversa, aún así, todos los generadores están inclinados un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a la horizontal y su estructura soporte será del fabricante HILTI y estará hecha de perfiles especiales de aluminio y elementos de acero inoxidable atornillados. Las configuraciones mencionadas han sido diseñadas



para obtener una relación  $\text{kW}_p/\text{m}^2$  óptimo. A continuación se describen las configuraciones en las que se divide el total de la instalación:

Zona	Posición del panel	Nº de Generadores	Distribución (Fila x Columna)
<b>G1</b>	Horizontal	2	5 x 5
	Horizontal	1	5 x 4
<b>G2</b>	Horizontal	1	5 x 8
	Vertical	1	2 x 8
<b>G3</b>	Horizontal	7	2 x 4
<b>G4</b>	Horizontal	6	2 x 4
	Horizontal	2	2 x 2

Tabla 11.- Disposición de los módulos fotovoltaicos en cada uno de sus respectivos generadores.

A parte de las configuraciones señaladas, en las zonas G3 y G4, la estructura soporte provoca un aumento de altura en cada fila de generadores de 0,25m de forma gradual con respecto a la anterior fila, es decir, los generadores de las zonas G3 y G4 estarán dispuestos en una distribución en escalera.

Para el cálculo de las zapatas de hormigón de los generadores se procede en el cálculo como en el punto 2.1.5. Estructura soporte, partiendo de los siguientes datos y ecuaciones:

- Velocidad viento: 38m/s ( $975\text{N}/\text{m}^2$ ).
- Superficie de cada módulo:  $1,94\text{ m}^2$
- Inclinación:  $30^\circ$
- Densidad hormigón:  $2000\text{kg}/\text{m}^3$ .

Disposición	Volumen de la zapata ( $\text{m}^3$ )	Largo x Ancho x Alto (m)
5x5	1,2	9,8 x 0,35 x 0,35
5x4	0,96	7,9 x 0,35 x 0,35
5x8	1,92	15,7 x 0,35 x 0,35
2x8	0,77	8 x 0,35 x 0,3
2x4	0,38	7,9 x 0,25 x 0,2
2x4	0,38	7,9 x 0,25 x 0,2
2x2	0,19	4 x 0,25 x 0,2

Tabla 12.- Características de las zapatas según la configuración de cada generador.

### 2.2.3.3.- Distribución de los módulos.

#### 2.2.3.3.1.-Distribución de los módulos en las cubiertas del edificio.

Como se ha mencionado anteriormente el campo solar estará constituido por varios formatos de generadores que buscan en su configuración la mayor eficiencia del terreno. Estos generadores están distribuidos por las zonas G1, G2, G3 y G4, especificadas anteriormente. Se incluye un esquema de la instalación y su denotación:

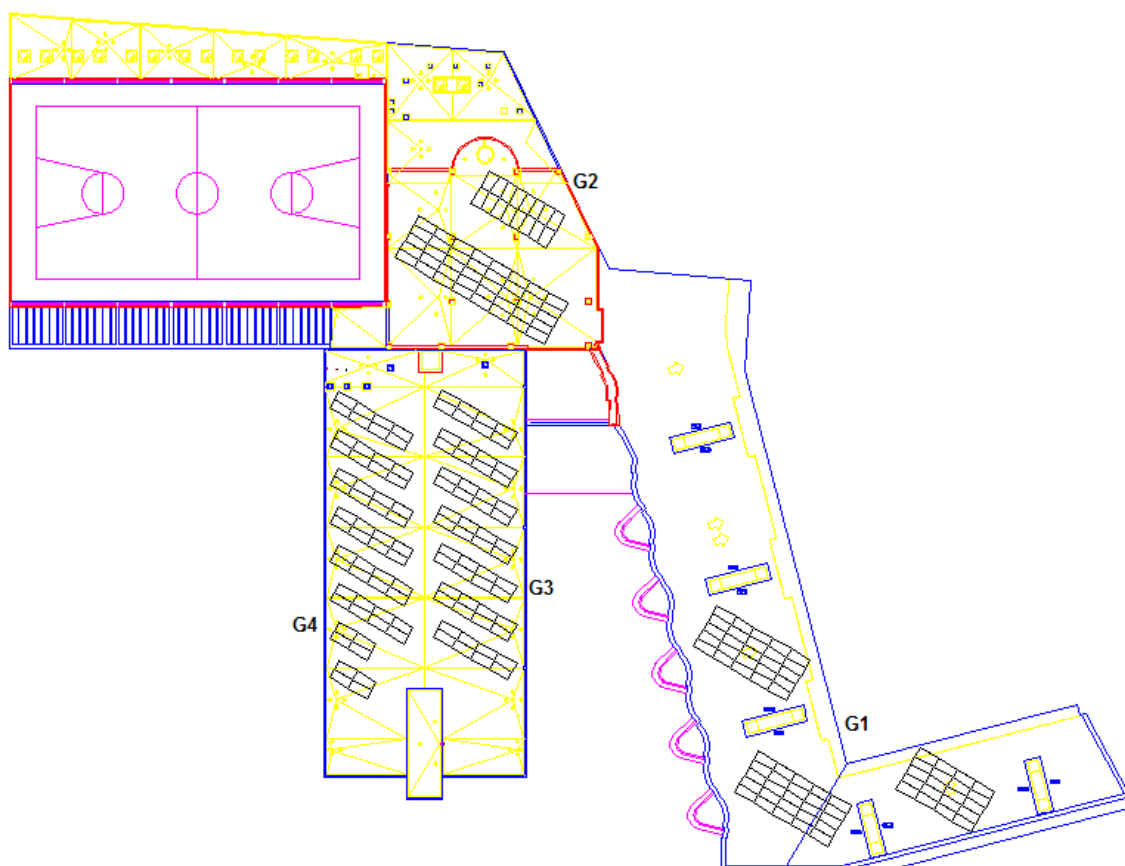


Figura 5.- Distribución de los generadores en la cubierta y definición de las zonas.

La distancia mínima entre los grupos de módulos solo se deberá realizar en los generadores que pueden arrojar sombra a otros grupos. Estos son los ubicados en las zonas G2, G3 y G4 los cuales se sitúan en hileras. Siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado 2.1.6. Distribución de los captadores, sabiendo las dimensiones de los módulos y haciendo caso al esquema y la ecuación siguientes se propone la tabla de datos:

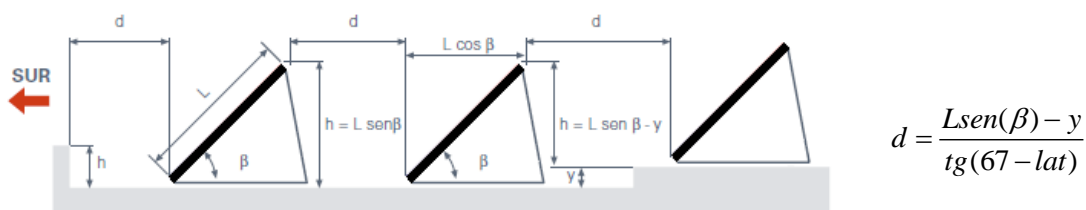


Figura 6.- Esquema conceptual para el cálculo de la distancia entre generadores.

Zona	Configuración	L (m)	y (m)	x (m)
G2	2 x 8	3,912	0	3,39
G3	2 x 4	1,984	0,25	1,28
G4	2 x 4	1,984	0,25	1,28
	2 x 2	1,984	0,25	1,28

Tabla 13.- Resumen de las distancias entre generadores según zona y configuración.



#### 2.2.3.3.2.-Descripción del sistema de conexión entre módulos.

El conexionado de los módulos se realizará mediante la unión en serie de éstos, hasta alcanzar la tensión idónea para el rango de trabajo del inversor, formando agrupaciones llamadas string, y los string se conectarán en paralelo hasta alcanzar la potencia de trabajo deseada por el inversor. Para formar cada string se conectarán los módulos mediante el sistema de conexión Suntech Plug Type IV con sección del LAPP de 4,0 mm<sup>2</sup>. Por cada string quedarán libres dos conductores un “+” y “-”, mediante los cuales se conectarán a la línea recolectora mediante el cuadro de conexión parcial.

La conexión de los módulos no es uniforme en toda la instalación, las zonas G2, G3 y G4 están formadas por cuatro strings conectados en paralelo y cada string estará formado por 14 módulos conectados en serie, mientras que la zona G1 está formada por cinco strings conectados en paralelo, formados a su vez por 14 módulos en serie. En la siguiente tabla se puede observar este conexionado y sus respectivos valores eléctricos.

Zona	Inversor	Nº de módulos	Conexión (Serie x Paralelo)	Voltaje (V)	Corriente (A)
G1	Ingecon Sun 20	70	14 x 5	492,8	39,75
G2	Ingecon Sun 15	56	14 x 4	492,8	31,8
G3	Ingecon Sun 15	56	14 x 4	492,8	31,8
G4	Ingecon Sun 15	56	14 x 4	492,8	31,8

Tabla 14.- Características eléctrica de cada string.

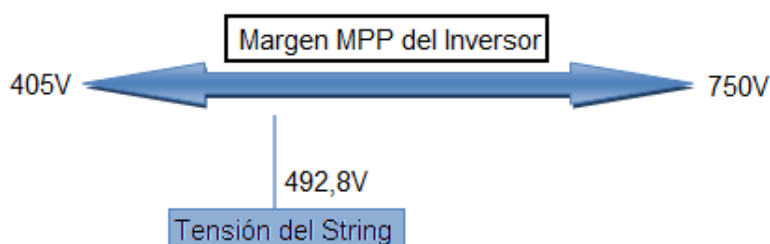
Los datos de voltaje y corriente están dentro del margen de seguimiento del punto de máxima potencia que da el fabricante para cada inversor, incluidos en el Anexo I.

#### 2.2.3.3.3.-Rango de funcionamiento entre los módulos y los inversores.

La instalación debe diseñarse encontrando el punto óptimo de producción, así se consigue maximizar el rendimiento energético y minimizar el tiempo de amortización de la instalación. En el dimensionado de los strings se debe tener en cuenta, como se menciona anteriormente, que la corriente (número de Strings), y la tensión (cantidad de módulos por String), del generador fotovoltaico tienen que ser compatibles con el rango de tensión de entrada del inversor.

En el proceso de producción de energía, se busca siempre, en medida de lo posible, el punto de funcionamiento máximo rendimiento (MPP), hay que tener en cuenta que para conseguir esto, los parámetros eléctricos entre generadores e inversores deben ser compatibles. Para el dimensionado de la instalación se tiene en cuenta:

- La tensión del string, que se produce bajo 1000 W/m<sup>2</sup> y una temperatura de la célula de 25°C, debe estar dentro del margen de tensión de entrada del inversor para que pueda trabajar, en punto de funcionamiento de máximo rendimiento.





- La tensión mínima en el generador fotovoltaico, que se produce bajo  $1000\text{W/m}^2$  y una temperatura de la célula de  $60^\circ\text{C}$ , debe ser superior a la tensión de entrada mínima del inversor.

$$405\text{ V} < 416,85\text{ V}$$

- La tensión máxima en vacío del generador fotovoltaico, que se produce con  $1000\text{W/m}^2$  y una temperatura mínima de la célula de  $-10^\circ\text{C}$ , debe ser inferior a la tensión de entrada máxima del inversor.

$$703,15\text{ V} < 750\text{ V}$$

## **2.2.4.- Diseño del circuito eléctrico.**

### **2.2.4.1.- Conexiones.**

#### **2.2.4.1.1.-Conexión serie de los módulos.**

Cada string estará formado por 14 módulos conectados en serie, produciendo así 492,8 V como se indicaba anteriormente. La conexión de estos módulos se realizará con los propios cables de conexión, con que viene el módulo fotovoltaico de fábrica, la conexión de dichos cables se realizará mediante los terminales Suntech Plug Type IV de conexión rápida. Se conectarán los terminales macho con hembra hasta terminar en dos terminales, uno positivo y otro negativo, los cuales llegan al cuadro de conexión parcial, donde se produce la conexión en paralelo de cada serie de módulos o string.

Los cables que forman la conexión se instalarán al aire y se situarán protegidos por la sombra de los módulos, para evitar que estos cables queden holgados, se asegurarán con bridas sujetas a la estructura soporte mediante un orificio realizado con anterioridad, con una separación de un metro entre cada sujeción. Para asegurar la correcta unión entre módulos, se realizará el conexionado en el interior de cajas estancas Uriarte modelo Safybox CA-1515s.

#### **2.2.4.1.2.-Cuadro de conexión parcial. Conexión paralelo.**

La conexión en paralelo de los strings de cada zona se hará mediante cajas de conexión. Estas cajas están fabricadas por Ingecon Sun y tendrán un grado de protección IP65, que garantiza la protección ante el polvo, líquidos, humedad, radiación ultravioleta y otros fenómenos atmosféricos. Se instalará un cuadro por zona, y cada uno de los cuadros estará sujeto a una estructura de aluminio para este fin, se instalarán protegidos por los propios módulos a una altura mínima de 0,3 metros de la cubierta y se situarán en el extremo más próximo a la bajante en dirección a la sala de máquinas, donde se ubican los inversores. A cada cuadro se le denominará como el nombre de la zona a la que pertenece precedido de CP (Cuadro Parcial), por ejemplo CPG1, CPG2, etc.

A cada cuadro le llegarán los terminales positivo y negativo de cada string, formados por conductores unipolares. En cada caja se realiza la conexión en paralelo de cada string, en su interior se encuentra un fusible de calibre adecuado para cada línea y un descargador de sobrecargas. De cada cuadro partirá una única línea de dos conductores unipolares hacia el inversor correspondiente. Se cumplirá lo establecido por la ITC-BT-22 sobre "Reglas generales sobre la posición de los dispositivos de protección contra sobrecargas" e ITC-BT-30 "Instalaciones en locales de



características especiales. Instalaciones en locales mojados” donde se especifica que toda instalación a la intemperie se clasifica como local mojado.

Las características de las cajas de conexión se especifican en el Anexo I.

#### 2.2.4.1.3.-Cuadro secundario.

La instalación contará con un único cuadro secundario de protección y maniobra, a él le llegan los terminales positivos y negativos procedentes de los cuadros de conexión parcial secundarios de cada zona, en este cuadro se ubicarán las protecciones y los elementos de maniobra de cada una de las líneas de entrada de los inversores. Se ubicará en la habitación o sala de máquinas empotrado en la pared a una altura mínima de 1m desde el nivel del suelo, tal y como indica el ITC-BT-17.

A este cuadro se le denominará Cuadro Secundario (CS) y contará con un grado de protección IP65. EL mando y protección de cada línea se realizará mediante interruptores-seccionadores fusibles convenientes y de calibre necesario para cada línea. Gracias a este sistema de conexionado se puede aislar cada inversor al disponer de elementos de maniobra a la entrada de cada uno de ellos, posibilitando así las labores de mantenimiento o reparación de cada uno, consiguiendo así una mayor fiabilidad de la instalación.

Las características de la caja que contiene el cuadro secundario son las siguientes:

- Armario empotrado del fabricante Uriarte modelo Safybox ART-55.
- Dimensiones del armario: 500 x 500 x 300.
- Fabricada en materiales termoplásticos autoextinguible.
- Resistente al calor y al fuego hasta 700 °C.
- Puerta de alta resistencia a golpes, elementos químicos y calor, provista de cierre con muelle precintable.
- Doble aislamiento.
- Grado de protección IP 55.
- Las envolventes de los cuadros se ajustan a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK 07 según UNE-EN 50.102.

#### 2.2.4.1.4.-Cuadro general de distribución.

El cuadro general de distribución, al igual que el cuadro secundario, se encuentra en la habitación o sala de máquinas, apoyado en el suelo y sujeto a la pared con tornillos de diámetros y longitud conveniente. A este le llegan las líneas de salida de cada inversor mediante ternas de conductores unipolares. A este cuadro se le denominará Cuadro general de distribución (CGD). Del cuadro general de distribución saldrá única línea de ternas unipolares hacia el cuadro de protección y medida.

En el interior del cuadro se pueden encontrar las protecciones magnetotérmicas y diferenciales de la salida de cada inversor y sus elementos de maniobra, el embarrado de conexión de las cuatro líneas trifásicas y las protecciones magnetotérmicas y diferenciales de la línea de distribución individual y sus elementos de maniobra. La distribución del cuadro se realizará de abajo a arriba, ubicando en la zona más baja las protecciones y mandos de cada línea saliente de los inversores, posteriormente el embarrado de conexión de las distintas líneas y por último, en la zona más alta, las protecciones y mandos de la línea de distribución individual.



Las características de las cajas que contiene el cuadro general de distribución son las siguientes:

- Armario del fabricante Uriarte modelo Safybox ART-107.
- Dimensiones del armario: 1000 x 750 x 300.
- Fabricada en materiales termoplásticos autoextinguible.
- Resistente al calor y al fuego hasta 700 °C.
- Puerta de alta resistencia a golpes, elementos químicos y calor, provista de cierre con muelle precintable.
- Doble aislamiento.
- Grado de protección IP 55.
- Las envolventes de los cuadros se ajustan a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK 07 según UNE-EN 50.102.

#### 2.2.4.1.5.-Caja de protección y medida.

Para el caso de suministros para un único usuario o dos usuarios distribuyendo energía al mismo lugar conforme el esquema 2.1 y 2.2.1. de la instrucción ITC-BT-12, al no existir línea general de distribución y obedeciendo el ITC-BT-13 “Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección”, podrá simplificarse la instalación colocando en un único elemento, la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida (CPM).

La caja de protección y medida se encontrará en montaje superficial empotrada en la tapia que rodea el colegio, en la zona del patio infantil orientada a la vía pública. Esta caja es de obra y contiene una puerta de material plástico cerrada con llave universal con una pequeña mirilla que facilita la lectura de los contadores y estará a una altura de 0,3, consiguiendo que los equipos de medida estén instalados entre 0,7 m y 1,8m, obedeciendo lo estipulado en el ITC-BT-13. En su interior pueden encontrarse los fusibles-seccionadores correspondientes a la línea trifásica y dos contadores trifásicos, uno que contabiliza la energía de entrada y otro la energía de salida. Será distribuida por el fabricante Uriarte modelo UR-CMT300E-B.

La caja de protección y medida cumplirá todo lo que sobre el particular indica en la Norma UNE-EN 60.439-1, tendrá grado de inflamabilidad según se indica en la UNE-EN 60.439-3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables, a parte, dispondrá de ventilación interna que garantiza la no formación de condensaciones.

#### 2.2.4.2.- Conductores.

##### 2.2.4.2.1.-Nomenclatura de los circuitos.

Tanto para el cálculo de las secciones como para el mantenimiento y reparaciones, es fundamental aclarar la denominación de cada conductor, facilitando así la identificación de cada una de las líneas. En este apartado se trata de explicar y clasificar cada una de las líneas que forman parte del circuito eléctrico de la instalación fotovoltaica. En el esquema unifilar de la instalación eléctrica adjuntado, se designa a cada línea siguiendo el siguiente criterio:





- Las líneas que componen cada uno de los string y sus respectivas prolongaciones hacia el cuadro de conexión parcial se nombrarán con las siglas de la zona a la que pertenecen precedido de un número identificativo según el número de strings que la forman, por ejemplo para la zona G1, compuesta de cinco strings conectados en paralelo, la denotación de cada línea será 1G1, 2G1, 3G1, 4G1 y 5G1.
- Las cuatro líneas que unen el cuadro de conexión parcial con el cuadro secundario se nombrarán con las siglas de la zona a la que pertenecen precedido de una letra identificativa que corresponde a la caracterización de la línea. La nomenclatura de cada línea será LG1, LG2, LG3 y LG4.
- Las cuatro líneas de conexión entre los inversores y el cuadro general de distribución se nombrarán con las siglas del inversor al que pertenece precedido de una letra identificativa que corresponde a la caracterización de la línea, cada inversor será enumerado según la zona a la que pertenece. Por tanto las líneas serán nombradas como LI1, LI2, LI3 y LI4.
- Por último, la línea de distribución individual, la cual une el cuadro general de distribución con el cuadro de protección y medida se nombrará con las siglas LDI ya que es única y no es objeto de confusiones.

#### 2.2.4.2.2.-Características generales de los conductores.

En el presente apartado, donde se establecen las características de los conductores utilizados, se hace diferencia entre los conductores del lado de corriente continua (líneas anteriores a los inversores) y los conductores del lado de corriente alterna (líneas posteriores a los inversores), ya que su configuración es ligeramente diferente. Las secciones necesarias para cada línea se especifican en el punto 2.2.4.2.3. Secciones de los conductores. Los cables utilizados para cada línea serán:

Para los circuitos de corriente continua se utilizarán pares de conductores unipolares de sección normalizada y necesaria según las prescripciones técnicas. La polaridad de los conductores se identificará gracias a su diferenciación cromática normalizada. Los conductores unipolares serán de cobre flexible de tensión nominal 0,6/1kV, clase 5, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 especial cero halógenos, no propagador de incendios ni llama, baja emisión de humos opacos y gases, franja que permite escribir sobre la misma para identificar los circuitos.

Para los circuitos de corriente alterna trifásica se utilizarán ternas de conductores unipolares de sección normalizada y necesaria según las prescripciones técnicas. Las distintas fases que componen las líneas se identificarán gracias a su diferenciación cromática normalizada. Los conductores unipolares serán de cobre flexible de tensión nominal 0,6/1kV, clase 5, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 especial cero halógenos, no propagador de incendios ni llama, baja emisión de humos opacos y gases, franja que permite escribir sobre la misma para identificar los circuitos.

#### 2.2.4.2.3.- Secciones de los conductores.

En el presente punto se especifican las condiciones de cálculo y diseño de las secciones de los conductores de las líneas eléctricas que componen la totalidad del circuito fotovoltaico, el cálculo propiamente dicho está incluido en el documento nº2 del presente proyecto, Cálculos justificativos.



## 1. Memoria.

Como condición de cálculo se debe tener en cuenta que según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, los conductores tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Los valores de caída de tensión máximos serán de 1,5% para la zona de CC y de 2% para la zona de CA, teniendo como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones. Las longitudes de los conductores serán suficientes para no generar esfuerzos de tracción y asegurar que no haya posibilidad de enganches por el tránsito de personas.

Tras hallar las secciones mediante el cálculo conveniente, y para obtener una homogeneidad en la instalación y mayor facilidad de diseño, se escoge, para todas las líneas del mismo nivel, la sección del tramo más desfavorable. En la siguiente tabla se muestra la sección de cada línea y su longitud correspondiente.

Línea	Fases	Longitud (m)	Corriente (A)	I <sub>adm</sub> (A)	Tensión (V)	Sección (mm <sup>2</sup> )	e %
1G1	2x	41,25	7,95	38	492,8	4	0,594
2G1	2x	38,64	7,95	38	492,8	4	0,557
3G1	2x	25,06	7,95	38	492,8	4	0,361
4G1	2x	16,36	7,95	38	492,8	4	0,236
5G1	2x	16,36	7,95	38	492,8	4	0,236
1G2	2x	25,03	7,95	38	492,8	4	0,361
2G2	2x	17,05	7,95	38	492,8	4	0,246
3G2	2x	15,87	7,95	38	492,8	4	0,229
4G2	2x	5,23	7,95	38	492,8	4	0,075
1G3	2x	19,88	7,95	38	492,8	4	0,286
2G3	2x	11	7,95	38	492,8	4	0,158
3G3	2x	6,14	7,95	38	492,8	4	0,088
4G3	2x	3,5	7,95	38	492,8	4	0,050
1G4	2x	23,41	7,95	38	492,8	4	0,337
2G4	2x	11	7,95	38	492,8	4	0,158
3G4	2x	6,14	7,95	38	492,8	4	0,088
4G4	2x	3,5	7,95	38	492,8	4	0,050
LG1	2x	41,27	39,75	91	492,8	16	0,743
LG2	2x	15,37	31,8	91	492,8	16	0,221
LG3	2x	48,36	31,8	91	492,8	16	0,697
LG4	2x	52	31,8	91	492,8	16	0,749
LI1	3x	2	29,46	60	400	10	0,044
LI2	3x	2	22,09	60	400	10	0,033
LI3	3x	2	22,09	60	400	10	0,033
LI4	3x	2	22,09	60	400	10	0,033
LDI	3x	53,86	95,73	190	400	35	1,116

Tabla 15.- Resumen del cálculo eléctrico de las líneas.



Las fórmulas utilizadas para dicho cálculo son:

- Cálculo de intensidades:

• Sistemas de continua:

$$I = \frac{\sum P}{V}$$

• Sistemas trifásico:

$$I = \frac{\sum P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

- Cálculo de sección y caída de tensión:

• Sistemas de continua:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} ; e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S}$$

• Sistemas trifásico:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot e} ; e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot S}$$

Donde:

I = Intensidad (A).

P = Potencia (W).

V = Tensión (V).

$\cos\varphi$  = Factor de potencia.

e = Caída de tensión (V).

L = Longitud del conductor (m).

S = Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

$\rho$  = Conductividad (m/Ω).

Por tanto, las caídas de tensión totales que producen las líneas más desfavorables son 1,337% para el lado de CC, producida por las líneas 1G1 y LG1 y 1,16% para el lado de CA, producida por las líneas LI1 y LDI.

#### 2.2.4.2.4.- Terminales y conexiones.

Como se ha indicado anteriormente, las conexiones entre los conductores de distintas líneas se harán mediante elementos de conexión especiales, como es el caso del conexionado en serie de los módulos que constituyen cada uno de los strings, o mediante cajas y cuadros destinados a ésta función. Dichas conexiones deben garantizar un buen aislamiento, evitando los posibles contactos involuntarios o indirectos entre cables o personas, minimizando los posibles cortocircuitos o descargas a tierra. A demás, la sección de los elementos metálicos que componen los terminales y conexiones, debe ser suficiente para garantizar que no se producen pérdidas de tensión o calentamientos ocasionados por efecto Joule.

#### 2.2.4.3.- Canalizaciones y zanjas.

Todos los conductores deberán estar guiados por canalizaciones para que la instalación sea lo más ordenada posible. Para las zonas exteriores, las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4. A continuación se hace diferencia entre los seis tipos de canalizaciones que se pueden encontrar en la instalación.



## 1. Memoria.

- Canalizaciones de las líneas de strings: estas canalizaciones, por estar a la intemperie, estarán compuestas por tubos de PVC de 20mm de diámetro. En el interior de cada tubo se encuentra la pareja de conductores procedentes de los strings y su correspondiente conductor de protección, el tubo de PVC estará sujeto a las zapatas que sirven de soporte a la estructura de los generadores mediante bridas metálicas atornilladas. Estará situado a una altura suficiente para evitar el nivel de agua en caso de inundación y siempre buscando la sombra proyectada por los propios módulos. Según la zona, al cuadro de conexión parcial le llegarán cuatro o cinco canalizaciones con sus respectivos pares de conductores.
- Canalizaciones de las líneas de conexión de los cuadros parciales al secundario ubicadas en el exterior: estas canalizaciones, por estar a la intemperie como las líneas de conexión serie que componen los strings, están compuestas por tubos de PVC de 32mm de diámetro. En el interior de cada tubo se encuentra la pareja de conductores que sale del cuadro de conexión parcial y el conductor de protección, el tubo de PVC estará sujeto por bridas metálicas atornilladas a una altura suficiente para evitar el nivel de agua en caso de inundación.
- Canalizaciones de las líneas de conexión de los cuadros parciales al secundario ubicadas en el interior: estas canalizaciones, por estar en interior, estarán compuestas por tubos de PVC de 32mm situados en el hueco existente entre el techo y el falso techo, éstos estarán suspendidos del techo a 0,25m mediante soportes de acero atornillados. Para las conducciones donde transcurran más de cinco conductores unipolares, se hará uso de canales de PVC suministrados por el fabricante UNEX con sección útil necesaria para cada caso.
- Canalización de las líneas de conexión entre el cuadro secundario y los inversores: las cuatro líneas procedentes del armario secundario y que van a los inversores, estarán protegidas por canaletas de PVC del fabricante UNEX, sujetas a la pared mediante tornillos de dimensión adecuada. Las cuatro líneas discurrirán por el interior la misma y se distribuirán en su camino por bajantes hacia sus inversores correspondientes.
- Canalización de las líneas de conexión entre los inversores y el cuadro general de distribución: las cuatro líneas trifásicas procedentes de los inversores y que van al cuadro general de distribución, estarán protegidas por canaletas de PVC sujetas a la pared mediante tornillos de dimensión adecuada. Las cuatro líneas se reunirán en una única regleta y bajarán hacia un hueco realizado en el falso suelo, donde se introducirán en el cuadro general de distribución por la parte inferior de éste.
- Canalización de la línea individual de distribución: la línea trifásica que parte del cuadro general de distribución hacia el cuadro de protección y medida transcurre por zanja enterrada bajo tubo. La zanja parte de la parte inferior del cuadro general de distribución hacia el cuadro de protección y medida, instalado en la parte exterior de la tapia situada en el patio de la zona infantil, por la vía pública. Se instalarán un total de seis arquetas prefabricadas de hormigón con tapa de fundición homologada por el Ayuntamiento de Cartagena cada diez metros.

La zanja tendrá una profundidad de 0,7m, y a lo largo de ella se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión ofreciendo seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, a una distancia mínima al suelo de 0,10m, y a la parte superior del cable de 0,25m.



El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de río lavada, de espesor mínimo 0,05m sobre la que se colocará el tubo. Por encima del tubo irá otra capa de arena o tierra cribada de 0,10m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener la distancia reglamentaria entre las canalizaciones.

- Canalización de la línea de conexión de red: La conexión a red se hace mediante una línea que parte del cuadro de protección y medida hasta el punto de conexión el cual ha sido adjudicado por la empresa responsable. La canalización de ésta línea será enterrada bajo tubo con las mismas características que la canalización de la línea individual de distribución.

#### 2.2.4.4.- Protecciones.

##### 2.2.4.4.1.-Características de los fusibles.

Para la protección ante sobrecargas y cortocircuito se instalarán fusibles de vidrio o de cartucho gG tal y como establece la ITC-BT-22 y la norma UNE-EN-60269. Se debe tener en cuenta que el cortocircuito que puede producirse en el generador no es peligroso para el cableado de la instalación, pues su valor excede muy poco del valor de la corriente en el punto de máxima potencia, pero sí es peligroso para el inversor y para los propios módulos. La condición que han de cumplir los fusibles es que su tiempo de fusión sea inferior al admisible por el cable cuando circula por ellos la corriente de cortocircuito.

Las características y calibres de los fusibles variarán según la parte de del circuito a proteger, a continuación se hace referencia a los distintos tipos de fusible existentes en la instalación.

- Los fusibles encargados de proteger las líneas de los strings serán de cartucho de vidrio y estarán situados en el interior de los cuadros de conexión parcial y se colocará cada uno en su correspondiente base portafusibles. El calibre de estos fusibles será de 16 A ya que se encuentra entre los niveles adecuados de corriente, como se muestra a continuación:

$$I_{\max} = 9,94A < 16A < I_{adm} = 38A$$

- Para proteger a los inversores contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en las líneas y para facilitar las labores de mantenimiento, reparación, etc. se instalará un seccionador-fusible de cartucho gG por línea, situado en el interior del cuadro secundario. El tiempo de interrupción de cada línea de entrada al inversor deberá realizarse en un tiempo conveniente. Se cumplirá lo establecido en la norma UNE 20460-4-473. Cada interruptor fusible seccionador se denominará con la misma referencia que el inversor al que maniobra y estará colocado en un portafusible adecuado para su fin. El calibre de estos fusibles será de 63 A ya que se encuentra entre los niveles adecuados de corriente, como se muestra a continuación:

- Para la línea con cinco strings conectados en paralelo:

$$I_{\max} = 49,69A < 63A < I_{adm} = 91A$$



- Para la línea con cuatro strings conectados en paralelo:

$$I_{\max} = 39,75A < 63A < I_{adm} = 91A$$

#### 2.2.4.4.2.-Características de las protecciones magnetotérmicas.

Tal y como se especifica en la ITC-BT-22, cada una de las líneas trifásicas de salida de los inversores y la línea individual de distribución estarán protegidas contra los efectos de las sobrecargas mediante un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte. Éstos interruptores serán trifásicos, de cuatro polos, para proteger las tres fases y el neutro de sobrecargas prolongadas y cortocircuitos de manera efectiva. Se cumplirá lo establecido en la norma UNE 20460-4-473.

Los interruptores automáticos estarán instalados en el cuadro general de distribución. Las líneas procedentes de cada inversor pasarán por sus respectivas protecciones hacia el embarrado general de la instalación, para continuar como una única línea de sección mayor la cual pasará también por su correspondiente protección magnetotérmica, esta línea soportará toda la potencia que se vierte a la red. Cada interruptor automático de las líneas salientes de los inversores se denominará con la misma referencia que el inversor al que maniobra, esto es, IA1, IA2, IA3 e IA4, mientras que el interruptor que maniobra la línea individual de distribución se denominará Interruptor Automático de la línea Individual de Distribución (IAID).

Para proteger las líneas contra sobrecargas eficazmente, el valor de la intensidad nominal de corte del interruptor automático a instalar en cada caso debe estar entre la corriente máxima admitida por el conductor de la línea y la corriente máxima esperada de funcionamiento de cada circuito, mientras que para la protección contra cortocircuitos, la capacidad de corte del interruptor será superior a la intensidad máxima de cortocircuito que puede darse en cada línea. La corriente de cortocircuito,  $I_{cc}$ , en el punto de conexión a red indicada por la empresa distribuidora es de 6,5kA.

Por tanto y teniendo en cuenta lo indicado anteriormente, las condiciones que debe cumplir cada protección y las protecciones a instalar serán:

- Para la línea de salida del inversor 1 (IA1):  $I_n = 40A$   $PdC = 10kA$

Características técnicas:

- Modelo: Magnetotérmico Legrand DX 40.
- Intensidad nominal: 40A.
- Pder de corte: 10kA.
- Número de polos: 4.
- Tipo: A.
- Homologación: Producto conforme a las normas UNE EN 60974-2 y 60898.

- Para la línea de salida del inversor 2 (IA2):  $I_n = 32A$   $PdC = 10kA$

- Para la línea de salida del inversor 3 (IA3):  $I_n = 32A$   $PdC = 10kA$

- Para la línea de salida del inversor 4 (IA4):  $I_n = 32A$   $PdC = 10kA$



Características técnicas:

- Modelo: Magnetotérmico Legrand DX 32.
- Intensidad nominal: 32A.
- Pder de corte: 10kA.
- Número de polos: 4.
- Tipo: A.
- Homologación: Producto conforme a las normas UNE EN 60974-2 y 60898.

- Para la línea individual de distribución (IAID):  $I_n = 160A$   $PdC = 36kA$

Características técnicas:

- Modelo: Magnetotérmico Legrand DPX 160.
- Intensidad nominal: 160A.
- Poder de corte: 36kA.
- Térmico regulable: 0,64%  $1I_n$ .
- Magnetotérmico fijo:  $10I_n$ .
- Número de polos: 4.
- Tipo: A.
- Homologación: Producto conforme a las normas UNE EN 60974-2.

2.2.4.4.3.-Características de las protecciones diferenciales.

Tal y como se especifica en el ITC-BT-24, la instalación debe estar protegida contra contactos directos y fallos a tierra, para este fin se debe instalar un dispositivo de corriente diferencial-residual en la parte de corriente alterna, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea la correspondiente.

El interruptor diferencial se instalará en el cuadro general de distribución, en la línea individual de distribución, inmediatamente después del Interruptor automático IAID. Con el fin de que sólo actúe por fallos a tierra, será de una corriente asignada superior a la corriente nominal del interruptor automático instalado inmediatamente aguas abajo.

En el caso que ocupa, la protección diferencial estará formada por un bloque diferencial electrónico regulable tetrapolar acoplado y asociado a la protección magnetotérmica DPX 160 de 300mA de sensibilidad y se identificará como Interruptor Diferencial de la línea Individual de Distribución (IDID).

Las características técnicas del interruptor diferencial son:

- Modelo: Bloque diferencial electrónico Legrand.
- Sensibilidad: 300mA
- Número de polos: 4
- Calibre:  $\geq 160A$
- Tipo de retardo: Regulable 0/0,3/1/3 seg.
- Clase: A
- Homologación: Producto conforme a la norma UNE 61009.
- Contacto de señalización a distancia de fallo diferencial.
- Botón de rearme.
- Botón de test.



#### **2.2.4.4.4.-Descripción de otros sistemas de protección.**

Para la protección contra sobretensiones producidas por descargas atmosféricas se instalará en la parte activa de los generadores fotovoltaicos un descargador de sobrecargas que actuará contra estas sobretensiones, este dispositivo estará en el interior de cada una de las cajas de conexión parcial.

Para la protección ante contactos indirectos se incluyen en el punto 2.2.5. Puesta a tierra, las condiciones generales que debe cumplir este sistema.

En el punto de conexión a red se deberá contar con protecciones de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85  $U_m$ , respectivamente).

#### **2.2.4.5.- Conexión a red.**

La línea de conexión a red de la instalación fotovoltaica unirá la caja de protección y medida con el punto de conexión asignado por la empresa responsable.

La longitud aproximada de la línea repartidora será de 25 metros; y estará formada por cuatro conductores unipolares de 0,6/1kV, de los cuales tres son conductores de fase con una sección de 70mm<sup>2</sup> y un conductor para el neutro con 35mm<sup>2</sup> de sección. El tubo protector será flexible corrugado, de diámetro interior nominal mínimo de 110mm, en virtud delo establecido en el ITC-BT-21.

Según el ITC-BT-40, toda instalación generadora que vierte energía a la red debe garantizar la calidad del suministro de dicha energía. El RD 1663-2000 establece unos criterios para garantizar esta calidad de suministro.

- Para proteger la red contra frecuencias indeseadas se debe contar con una protección de frecuencia mínima (49Hz) y máxima (51Hz) la cual desconectará la instalación cuando no se esté produciendo energía entre estos dos valores.
- Para proteger la red contra tensiones indeseadas se debe contar con una protección de rango de tensión ( $0,85 \div 1,1 U_m$ ) la cual desconectará la instalación cuando no se esté produciendo energía entre estos dos valores.
- Las protecciones anteriormente citadas deben garantizar la reconexión de la instalación mediante un contactor cuyo rearme será automático. Dicho rearme se producirá al restablecerse los parámetros de frecuencia y tensión a los valores establecidos.
- El contactor automático podrá ser activado manualmente y su estado (on/off), deberá señalizarse con claridad y el tiempo de reconexión automática mínimo debe ser de tres minutos.
- El sistema debe garantizar que si la tensión en la línea de distribución cae por desconexión de la misma o bien por caída de la Red General, el inversor no debe generar tensión en dicha línea, haciendo de esta manera imposible el funcionamiento en isla.
- Se debe instalar un contador de salida capaz de medir en ambos sentidos, o dos contadores independientes, uno de entrada y otro de salida y la facturación correspondiente será la diferencia entre ambas lecturas.





- Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto los de entrada como los de salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora. En situación normal, el instalador autorizado sólo podrá abrir los precintos con el consentimiento escrito de la empresa distribuidora.
- Los contadores se ajustarán a la normativa metro-lógica vigente y su precisión deberá ser como mínimo la correspondiente a la de clase de precisión 2, regulada por el Real Decreto 875/1984, de 28 de marzo.

En el caso que nos ocupa, y tal y como se indica en el Anexo I, los inversores instalados garantizan las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia, de máxima y mínima tensión y el contactor automático que gobierna la desconexión del inversor al que pertenece.

Tal y como indica la normativa vigente, el fabricante de los inversores Ingecon Sun 15 y 20 debe certificar:

1. Los valores de tara de tensión.
2. Los valores de tara de frecuencia.
3. El tipo y características de equipo utilizado internamente para la detección de fallos (modelo, marca, calibración, etc.).
4. Que el inversor ha superado las pruebas correspondientes en cuanto a los límites de establecidos de tensión y frecuencia.

#### **2.2.4.6.- Sistema de monitorización.**

El fabricante de los inversores anteriormente descritos, incluye en su catálogo la opción de monitorizar y controlar la totalidad de la instalación mediante sistemas informáticos, tanto locales como remotos. El sistema de monitorización, aparte de garantizar el correcto funcionamiento de la instalación y crear una base de datos de los parámetros característicos, nos ayudo a conseguir, tal y como se indico al principio del presente documento, dar a conocer y concienciar a los usuarios del edificio de las características y ventajas que ofrecen las energías renovables. Los parámetros más significativos se mostrarán en un monitor situado junto al de la instalación solar térmica, en el hall del edificio principal.

Los sistemas de comunicación que componen la monitorización del sistema se describen a continuación.

- Para la comunicación entre los inversores y un sistema remoto, ya sea Pc o teléfono móvil, se utilizarán conexiones de tarjeta RS-485 y un dispositivo GSM/GPRS.

Estos sistemas permiten la conexión telefónica para avisos de emergencias e incluso controlar las diferentes variables del sistema desde un sistema remoto.

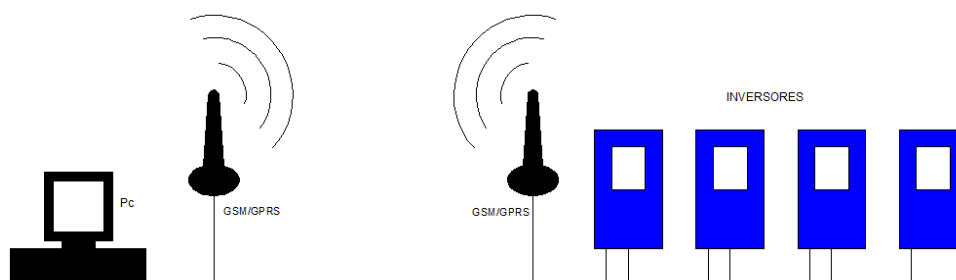


Figura 7.- Dibujo conceptual del sistema inalámbrico de comunicación.

- Para la comunicación entre los inversores y un sistema local de monitorización Pc o monitor, se utilizarán conexiones de tarjeta RS-485 con software Ingecon Sun Control.

Estos sistemas permiten la transmisión de todas las variables de la instalación solar: parámetros del inversor, históricos de datos, etc. y crea gráficos y tablas representativos.

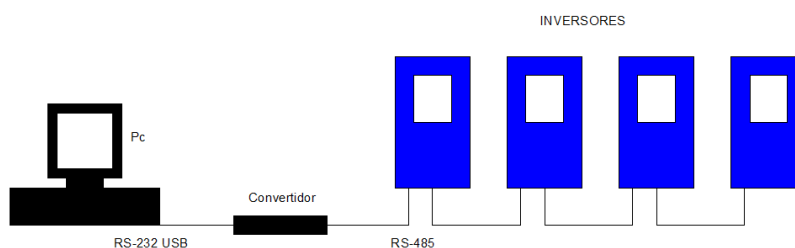


Figura 8.- Dibujo conceptual del sistema de comunicación entre inversores.

- Para la lectura de variables físicas externas como temperaturas, irradiación solar, velocidad de viento, etc. Se utilizará una tarjeta de entradas analógicas. Esta tarjeta se conectará al sistema de monitorización y representarán y analizarán estas variables.

El sistema tiene capacidad para conectar seis entradas analógicas y dos conexiones directas de dos sondas de temperatura del tipo PT100 de dos hilos.

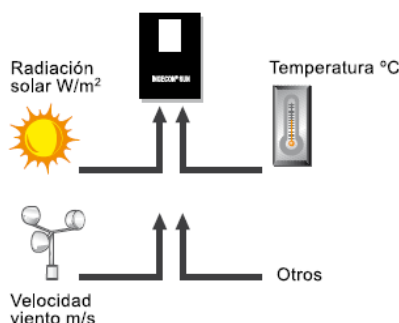


Figura 9.- Tipo de variables compatibles con el sistema de control.



- Para la configuración y el seguimiento de los parámetros de la planta fotovoltaica se utilizara un software específico distribuido por el fabricante Ingecon Sun. Las características del software con las siguientes:
  - Programa sobre PC. Entorno gráfico de Windows®.
  - Diseño de la Planta mediante un mapa coloreado de inversores.
  - Configuración individual de cada uno de los inversores de la instalación.
  - Visualización On-line de las variables internas del inversor. Refresco con periodicidad programable. Modo de visualización en Menú Rápido.
  - El inversor memoriza periódicamente el valor de sus variables. Posibilidad de captura y archivo en disco de esos históricos de datos.
  - Representación del histórico de datos en forma de tablas o gráficas de diversos tipos. Exportación a Excel®.
  - Configurable para el envío de alarmas por SMS.

Las variables visualizables on-Line y que son memorizadas por el sistema son:

Energía total entregada a la Red.	Tiempo total en estado operativo.
Número total de conexiones a la Red.	Número total de errores.
Estado de las alarmas.	Estado de funcionamiento interno.
Tensión de los paneles solares.	Corriente de los paneles solares.
Potencia de los paneles solares.	Corriente de salida a la Red.
Potencia de salida a la Red.	Coseno de Phi.
Signo del Seno de Phi.	Tensión de la Red.
Frecuencia de la Red.	Fecha actual.

## **2.2.5.- Línea de puesta a tierra.**

### **2.2.5.1.- Descripción del sistema de protección contra contactos indirectos.**

Para el diseño de la puesta a tierra de la instalación se cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12), donde se establecen las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión y el ITC-BT-18. Las condiciones establecidas por el artículo 12 del RD 1663/2000 son:

- La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.
- La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico.
- Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión, así como de las masas del resto del suministro.



El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto, cuyos valores están de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 20.572.-1. La tensión de contacto límite se establece en 24V por el ICT-BT-18 para local o emplazamiento conductor.

#### 2.2.5.2.- Tomas de tierra.

Para el diseño de las tomas de puesta a tierra se cumplirá con todo lo descrito por el ITC-BT-18. El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. Para la toma de tierra se utilizarán electrodos formados por picas de cobre y serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

Las características de los electrodos de puesta a tierra serán:

- |                                   |                              |
|-----------------------------------|------------------------------|
| - Tipo de pica:                   | Barras de cobre en vertical. |
| - Situación de las picas:         | En hilera.                   |
| - Separación de las picas:        | 4m                           |
| - Número de picas:                | 3                            |
| - Longitud de las picas:          | 2m                           |
| - Diámetro de las picas:          | 15mm                         |
| - Sección del conductor de unión: | 35mm <sup>2</sup>            |
| - Profundidad de enterramiento:   | 0,6m                         |
| - Resistencia del electrodo:      | 44,167 $\Omega$              |

Las características del terreno son:

- |                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| - Naturaleza del terreno: | Arena Arcillosa. |
| - Resistividad:           | 265 $\Omega$ /m. |

Tras definir las condiciones del sistema de tomas a tierra se afirma el cumplimiento de lo establecido por el ITC-BT-18. Se consigue una tensión de contacto de 13,25V, la cual es inferior a la establecida por la normativa mencionada (24V en local o emplazamiento conductor).

Las tomas de tierra se localizan y transcurren enterradas en la vía pública en la zona más cercana a la habitación donde se ubican los sistemas eléctricos de la instalación, estarán enterradas a 0,6m de profundidad, formando hilera. Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra se extremará el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.

La distancia mínima de separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación según establece el apartado 11, de ITC-BT-18, es de 10,01m. Se verificará dicha distancia, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de la fotovoltaica puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas.

#### 2.2.5.3.- Líneas principales de tierra.

La instalación fotovoltaica consta de dos líneas principales de tierra, una para el generador fotovoltaico, y otra para los inversores, cada una de las líneas principales de tierras de la instalación se conectará a su borne de puesta a tierra correspondiente. Ambas líneas se unirán al mismo electrodo de puesta a tierra.



La línea principal de tierra de los inversores estará constituida por un conductor de cobre desnudo de  $35\text{mm}^2$ , en el primer tramo, el conductor transcurre por dentro de la habitación donde se encuentran los inversores para ir posteriormente a la canalización enterrada.

La línea principal de tierra de los generadores fotovoltaicos estará constituida por un conductor de cobre desnudo de  $35\text{mm}^2$ , la línea partirá de los borne de puesta a tierra situados en cada una de las cajas de conexión parcial, y conectará con la primera toma de tierra más cercana a éstas.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

#### **2.2.5.4.- Derivaciones de las líneas principales de tierra.**

- Generadores fotovoltaicos.

Las derivaciones de la líneas de tierra principal de los generadores fotovoltaicos unirán eléctricamente los bornes de puesta a tierra de cada uno de los generadores, con las tierras situadas en los cuatro cuadros de conexión parcial, mediante cuatro conductores de protección de color verde – amarillo, en cumplimiento de la ITC-BT-19.

La sección de las derivaciones de la línea principal de tierra del generador fotovoltaico tendrá una sección de  $16\text{mm}^2$ .

#### **2.2.5.5.- Conductores de protección.**

Los conductores de protección unirán eléctricamente las masas de la instalación a los bornes de puesta a tierra. En cumplimiento de la ITC-BT- 19 “Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo.”

- Generador fotovoltaico.

Los conductores de protección del generador fotovoltaico unirán eléctricamente cada una de las filas de módulos, y cada descargador de sobretensión con su regleta de tierra situada en cada uno de los cuadros parciales.

La unión del conductor de protección a la estructura soporte de los módulos, se realizará por medio de uniones soldadas sin empleo de ácido o por piezas de conexión de apriete por rosca, debiendo ser accesibles para verificación y ensayo. Estas piezas serán de material inoxidable y los tornillos de apriete, si se usan, estarán previstos para evitar su desapriete. En cumplimiento de la norma UNE-EN 60.998 -2-1.

La sección de conductor de protección para el generador fotovoltaico será de  $4\text{mm}^2$ .

- Habitación de inversores.

Los conductores de protección de los inversores unirán eléctricamente cada una de las masas metálicas de los cuatro inversores, con el borne de puesta a tierra de la habitación donde se encuentran los inversores. También unirán los cuatro descargadores de sobretensión situados dentro de cada inversor con el borne de puesta a tierra de los inversores.



La sección de conductor de protección será de  $16 \text{ mm}^2$  tanto para los conductores de los descargadores de sobretensión como para los conductores de las masas metálicas de los inversores.

#### **2.2.5.6.- Red de equipotencialidad.**

No será necesaria la conexión entre las masas de los generadores fotovoltaicos que se encuentran sobre la cubierta con las masas de los dispositivos que se alojan en la habitación donde se ubican los inversores mediante un conductor equipotencial, ya que no serán accesibles ambas masas al mismo tiempo.

- Generador fotovoltaico.

En virtud de la ITC-BT-18, Apartado 8, "Conductores de equipotencialidad", La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios o bien por combinación de las dos soluciones anteriores.

Al unir todas las masas de una misma zona entre sí, la estructura soporte de los módulos forma una red equipotencial. Todos los generadores de una misma zona estarán unidos por uno de sus extremos a un borne de puesta a tierra mediante los conductores de protección. Los bornes de puesta a tierra de los generadores fotovoltaicos se alojarán en la caja de conexión parcial, que recoge todos los conductores entubados de cada zona en la cubierta.

- Habitación de inversores.

Todas las masas de los dispositivos que se alojarán en la caseta de inversores, forman una red equipotencial, enlazada mediante los conductores de protección, dichos conductores de protección irán unidos al borne de puesta a tierra de los inversores.

Ambas redes equipotenciales irán unidas a la misma toma de tierra, a través de sus correspondientes líneas principales de tierra. Las líneas principales de tierras partirán de los bornes de tierra y conectarán con la toma de tierra general de la instalación fotovoltaica.

#### **2.2.5.7.- Zanjas para la puesta a tierra.**

Se realizará una zanja para la colocación del electrodo de puesta a tierra. Las dimensiones de la zanja deben ser 0,6m de profundidad, una longitud total de 18m y una anchura de 0,4m.

El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En él se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, el espesor de esta capa será como mínimo de 0,05m y sobre ella se colocará la línea principal de puesta a tierra. Por encima de la línea, irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10m de espesor. Su distancia mínima al suelo será de 0,10m y a la parte superior del cable de 0,25m.

Una vez realizada la zanja se colocarán las tres picas de dos metros de longitud, a cuatro metros una al lado de la otra formando una línea recta, según plano nº 15 "Zanja de la instalación fotovoltaica". Procediéndose a la unión de éstas con un conductor de cobre desnudo de  $35 \text{ mm}^2$  de sección.



### **3.- Plan de mantenimiento de las instalaciones.**

---

#### **3.1.- Mantenimiento de la instalación solar térmica.**

En cumplimiento de lo expuesto por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Térmicas de baja temperatura y lo expuesto en el apartado HE4 del Documento Básico del Código Técnico de la Edificación, donde se estipula la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes y se creará un programa de mantenimiento con el objetivo de definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica.

##### **3.1.1.- Generalidades.**

El contrato de mantenimiento preventivo y correctivo se realizará durante un período de tiempo al menos igual que el de la garantía. El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión cada seis meses ya que la instalación que nos ocupa tiene una superficie total de 63,84m<sup>2</sup>.

Las medidas a tomar en el caso de que en algún mes del año el aporte solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 % son las siguientes:

- Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, habrá de ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo en su caso entre las labores del contrato de mantenimiento.
- Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que sigue atravesando el captador).
- Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes o redimensionar la instalación con una disminución del número de captadores.

Aunque para la instalación dimensionada no se esperan este exceso de aporte solar, en las medidas de protección mencionadas en puntos anteriores se optó por el tapado parcial del campo de captadores. Si esta solución no es suficiente, se hará lo correspondiente según lo expuesto en este apartado.

Se deberá programarse y detallarse dentro del contrato de mantenimiento las acciones de prevención y seguridad de la instalación antes descritas. Estas visitas se programarán de forma que se realicen una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética. También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento un programa de seguimiento de la instalación que prevendrá los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados períodos y en cualquier otro período del año.



### 3.1.2.- Programa de mantenimiento.

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente.

Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- ✓ Vigilancia.
- ✓ Mantenimiento preventivo.
- ✓ Mantenimiento correctivo.

#### 3.1.2.1.- Plan de vigilancia.

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la siguiente tabla.

Elemento	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas.
	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	IV temperatura.
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

IV: Inspección visual.

#### 3.1.2.2.- Plan de mantenimiento preventivo.

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.





## 1. Memoria.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

A continuación se desarrollan de forma detallada las las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

### · Sistema de captación.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original. IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad.
Juntas	6	IV agrietamientos y suciedad
Absorbedor	6	IV corrosión y deformaciones.
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.
Conexiones	6	IV aparición de fugas.
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos.
Captadores	12	Tapado parcial del campo de captadores.
Captadores	12	Destapado parcial del campo de captadores.
Captadores	12	Vaciado parcial del campo de captadores.
Captadores	12	Llenado parcial del campo de captadores.

IV: inspección visual.

### · Sistema de acumulación.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en el fondo.
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste.
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación de buen funcionamiento.
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad.

### · Sistema de intercambio.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.

CF: control de funcionamiento.



· Circuito hidráulico.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar densidad y pH.
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión.
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad.
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín.
Bomba	12	Estanqueidad.
Vaso de expansión	6	Comprobación de la presión.
Sistema de llenado	6	CF actuación.
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
Válvula de seguridad	12	CF actuación.

IV: inspección visual.

CF: control de funcionamiento.

· Sistema eléctrico y de control.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo.
Control diferencial	12	CF actuación.
Termostato	12	CF actuación.
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación.

CF: control de funcionamiento.

· Sistema de energía auxiliar.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación.
Sondas de temperatura	12	CF actuación.

CF: control de funcionamiento.

### 3.1.2.3.- Plan de mantenimiento correctivo

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Incluye la visita a la instalación, en los mismos plazos máximos indicados en el apartado de Garantías, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.



Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias.

### **3.1.3.- Garantías.**

#### **3.1.3.1.- Ámbito general de la garantía.**

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación. Normalmente el contrato de venta de la instalación incorpora las cláusulas relativas a la garantía de la misma.

#### **3.1.3.2.- Plazos de garantía.**

La garantía que se ofrece certifica el correcto funcionamiento de la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía de producto es de cinco años y la garantía de potencia es de 12 años al 90% y 25 años al 80%.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

#### **3.1.3.3.- Condiciones económicas.**

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.



### **3.1.3.4.- Anulación de la garantía.**

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, salvo lo indicado en el punto anterior.

### **3.1.3.5.- Lugar y tiempo de la prestación.**

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).
- 48 horas, si la instalación solar no funciona.
- Una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

## **3.2.- Mantenimiento de la instalación solar fotovoltaica.**

En cumplimiento de lo expuesto por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red y lo expuesto en el apartado HE 5 del Documento Básico del Código Técnico de la Edificación, donde se estipula la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica, se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes y se creará un programa de mantenimiento con el objetivo de definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.

### **3.2.1.- Generalidades.**

Se definirán dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- ✓ Mantenimiento preventivo.
- ✓ Mantenimiento correctivo.



El plan de mantenimiento preventivo consistirá en las operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deberán permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma. Este plan de mantenimiento incluye para el tipo de instalación que ocupa, una visita semestral en la que se realizarán las siguientes actividades:

- Comprobación de las protecciones eléctricas.
- Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
- Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.

El plan de mantenimiento correctivo consistirá en las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles ó desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

Incluye:

- La visita a la instalación al menos semestral y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar fotovoltaica y las instalaciones eléctricas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas en cada una de las visitas, el estado de la instalación y las incidencias acaecidas en ésta. En este libro también se hará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

### **3.2.2.- Mantenimiento de los dispositivos.**

#### **3.2.2.1.- Módulo fotovoltaico.**

Los módulos fotovoltaicos requieren muy escaso mantenimiento, por su propia configuración, carente de partes móviles y con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión muy protegidas del ambiente exterior por capas de material protector. Por ello el mantenimiento abarca los siguientes procesos:

- Limpieza periódica del panel: la periodicidad del proceso depende, lógicamente de la intensidad de ensuciamiento. La operación de limpieza consiste simplemente en el lavado de los módulos con agua y algún detergente no abrasivo. Esta operación se tiene que realizar a primeras horas de la mañana, cuando el modulo está frío. No es recomendable en ningún caso utilizar



mangueras a presión. La operación de limpieza deberá ser realizada en general por el personal encargado del mantenimiento de la instalación.

- Inspección visual: se llevará a cabo una inspección para detectar posibles degradaciones internas o posible rotura del cristal, este hecho es normalmente casado por acciones externas y rara vez por fatiga térmica inducida por errores de montaje.
- Control de las conexiones eléctricas y el cableado: control de posibles oxidaciones de los circuitos y soldaduras de las células fotovoltaicas, debidas normalmente a la entrada de humedad en el panel por fallo o rotura de las capas de encapsulado, y la correcta conexión de todos los terminales.
- Se realizarán mediciones periódicas de la curva V-I al menos una vez al año, para así comprobar el correcto funcionamiento y la posible degradación de módulos.

### **3.2.2.2.- Inversores.**

El mantenimiento del inversor no difiere especialmente de las operaciones normales en los equipos electrónicos. Las averías en condiciones normales de funcionamiento son poco frecuentes y la simplicidad de los equipos reduce el mantenimiento a las siguientes operaciones:

- Observación visual general del estado y funcionamiento del inversor.
- Comprobación periódica de las conexiones y del cableado de los componentes.
- Comprobación de que el alojamiento del inversor mantiene temperaturas adecuadas para que estos equipos puedan trabajar siempre en el rango de temperaturas comprendido entre 0 y 50°C.
- Comprobación de las protecciones y alarmas del equipo.
- Mediciones periódicas de eficiencia y distorsión armónica.
- Control de la acumulación de polvo y suciedad que se pueda producir en el conducto de ventilación.

Será también conveniente contar con un Plan de Mantenimiento Extraordinario plurianual, de acuerdo con el que, cada 8 u ocho años como mínimo, se revisarán los inversores, señalizarán los históricos y el operador decidirá de acuerdo con el asesor técnico el mantenimiento que proceda para garantizar su vida, al menos, durante el período de servicio de la deuda.

### **3.2.2.3.- Conexiones eléctricas y del cableado.**

Para llevar un control del estado de las conexiones eléctricas y del cableado, se procederá a efectuar las siguientes operaciones:

Conexión entre módulos de un mismo string:

- Revisión general del buen estado del cableado.
- Comprobación de la correcta conexión entre módulos.
- Comprobación del buen estado del sistema de conexión entre módulos.
- Comprobación de la señalización de cada uno de los grupos.



Cuadros y cajas de conexión:

- Se observa la estanqueidad de los armarios y prensaestopas.
- Revisión del cableado general de los armarios.
- Apriete de bornes y detección de cables con temperatura elevada.
- Señalización de cables en buen estado.
- Comprobación de las protecciones. (fusibles, magnetotérmicos, seccionadores, diodos, etc.)

Canalizaciones:

- Eliminar suciedad en las conducciones que se encuentren en el exterior.
- Comprobación visual del aislamiento de los cables.
- Revisión de la fijación a bandejas, muros, etc.
- Buen estado de la identificación de cada línea.

#### **3.2.2.4.- Mantenimiento de la estructura.**

El mantenimiento de la estructura que soportará los módulos fotovoltaicos, será fundamentalmente mediante la inspección visual, en busca de golpes, corrosiones, estado de la pintura de protección, ausencia de deposiciones de agua, etc.

#### **3.2.2.5.- Mantenimiento de la puesta a tierra.**

En virtud de la ITC-BT- 19, el mantenimiento lo realizará personal técnicamente competente, que efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco, ya que es la época de condiciones más desfavorables. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

#### **3.2.3.- Garantías.**

##### **3.2.3.1.- Ámbito general de la garantía.**

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación. Normalmente el contrato de venta de la instalación incorpora las cláusulas relativas a la garantía de la misma.

##### **3.2.3.2.- Plazos de garantía.**

La garantía que se ofrece certifica el correcto funcionamiento de la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía de producto es de cinco años y la garantía de potencia es de 12 años al 90% y 25 años al 80%.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de



realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

### **3.2.3.3.- Condiciones económicas.**

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

### **3.2.3.4.- Anulación de la garantía.**

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, salvo lo indicado en el punto anterior.

### **3.2.3.5.- Lugar y tiempo de la prestación.**

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 15 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.





## 4.- Impacto ambiental.

---

### 4.1.- Problemática ambiental.

La disponibilidad de energía en el mundo se ha convertido en un problema crucial, dado que la gran mayoría de los países, tanto en vías de desarrollo como los industrializados, se ven afectados por las crecientes demandas requeridas para satisfacer sus metas económicas y sociales.

Al principio, la explotación de los combustibles fósiles, se creía ilimitada y su impacto ambiental era despreciable. Sin embargo, el extraordinario crecimiento de la población mundial, junto con el aumento en el consumo per cápita de estos recursos, ha propiciado que solo queden reservas de petróleo disponibles para su explotación económica durante la primera mitad del siglo XXI.

Por otro lado, el consumo masivo de hidrocarburos está produciendo ya alteraciones de la atmósfera a nivel mundial. Los niveles de dióxido de carbono que se detectan actualmente son significativamente mayores que los que existían en 1950. ·Esto produce el conocido efecto invernadero, que está produciendo ya un incremento en las temperaturas promedio mundiales. Expertos afirman que en los últimos años la temperatura terrestre ha aumentado unos 0,74°C y las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 35,6%.

Los combustibles fósiles también son causantes de la llamada lluvia ácida, que en los bosque cercanos a las áreas altamente industrializadas está causando grandes daños al suelo, y por tanto a la flora y la fauna.

La combustión de hidrocarburos no solo afecta a la sociedad con respecto al medioambiente, una parte del problema energético actual consiste en que nuestra sociedad se ha hecho muy dependiente de un solo recurso, los hidrocarburos. En otras palabras, se ha rezagado el desarrollo tecnológico y, por tanto, la viabilidad económica de algunas otras alternativas energéticas.

Tanto por razones económicas como ecológicas, es imperativo el desarrollo de nuevas alternativas energéticas, que sean menos agresivas contra el ambiente. El actual esquema de consumo energético, tanto en España como a nivel global no puede mantenerse indefinidamente sin amenazar su propia existencia.

Por estos motivos es inevitable plantearse una transición en la oferta de energía como solución a estos problemas medioambientales y tecnológicos. Existen muchas alternativas energéticas, algunas de las cuales no han sido desarrolladas por limitaciones técnicas y económicas, y otras se han utilizado sólo parcialmente. Las energías renovables garantizan la diversificación de la energía eliminándose con ello la dependencia de los hidrocarburos y la producción de energía limpia y en muchos casos económica.

En el proyecto el cual se dispone, se ha tenido un compromiso con el medioambiente gracias al uso de estas tecnologías. El Sol es una fuente inagotable de recursos para el hombre. Provee una energía limpia, abundante y disponible en la mayor parte de la superficie terrestre y puede por lo tanto, liberarlo de los problemas ambientales generados por los combustibles convencionales. Esta fuente de energía ilimitada puede proporcionar tanto energía térmica como energía eléctrica, tal y como se ha ido viendo a lo largo de este documento. Sin embargo, y a pesar de los avances tecnológicos de las últimas décadas, el aprovechamiento de esta opción ha sido insignificante, comparándolo con el consumo global de energía en el mundo.



Gracias a las nuevas políticas que apuestan por el desarrollo de las energías renovables se está avanzando de forma exponencial en la instalación, producción y desarrollo de las energías limpias en el mundo.

A nivel europeo, desde la aprobación en diciembre de 1997 del Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción Comunitarios sobre Fuentes de Energías Renovables, en el que se apuesta por lograr un crecimiento del aporte de las energías renovables que alcance un 12% del consumo total en un período de 12 años, han ido asumiéndose diversos compromisos políticos, básicos para el impulso de las mismas.

En España, las acciones políticas han pasado por la integración en la línea de desarrollo perfilada en las Cumbres de Río de Janeiro de 1993 y Kioto en 1997, así como lo estipulado en el V Programa de Medio Ambiente de la Unión Europea. También, con el nuevo Código Técnico de la Edificación, donde se establecen las condiciones mínimas de producción solar, entre otros, se ha podido avanzar en la instalación de este tipo de sistemas, gracias a incentivos económicos disponibles para su uso. Para todos y cada uno de estos compromisos, los distintos gobernantes de nuestro país se han marcado una meta clara, enfocada a la mejora del medio ambiente y el mantenimiento de los recursos naturales que puede resumirse en tres acciones paralelas:

- Aumentar la participación de las energías limpias en el consumo térmico y la generación eléctrica.
- Reducir el consumo energético.
- Reducir las emisiones contaminantes.

## **4.2.- Protocolo de Kioto.**

El Protocolo de Kioto entró en vigor el 16 de febrero de 2005. Las 141 naciones firmantes empezaron a aplicar medidas para reducir la emisión de los gases contaminantes que causan el calentamiento global.

Los gases contemplados son aquellos causantes del calentamiento global: dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarburos, perfluorocarburos y hexafluoruro de azufre.

Kioto obliga a los países desarrollados a alcanzar una reducción mundial de las emisiones del 5,2% entre 2008 y 2012, frente a 1990. Para lograrlo, el Protocolo prevé distintas obligaciones de recorte o aumento de la contaminación, que en conjunto garantizan la reducción del 5,2%.

El Protocolo no impone multas, aunque sí castigos. El que no cumpla, tendrá que reducir en el siguiente período la cantidad incumplida multiplicada por 1,3. Además podría ser sancionado a no poder acogerse a algunos de los mecanismos que facilitan la reducción.

España tiene que limitar a un 15% el incremento de sus gases entre 2008 y 2012, respecto a las emisiones de 1999, para limitar sus emisiones y alcanzar los objetivos. En 2004 se estima que el aumento era ya del 45%.

En la Conferencia del Clima de Buenos Aires, se empezó a hablar de la segunda fase de Kioto. Es posible que un seminario de la ONU que se celebrará en Bonn (Alemania)



en primavera se relance la discusión sobre los objetivos de Kioto a largo plazo. La UE ya ha empezado a discutir estos compromisos. Nadie se atreve a aventurar cifras.

Lo primero sería conseguir atraer a los objetivos de Kioto a EE.UU., para lograr ese 5,2%. Después comprometer a las economías emergentes como China, India o Brasil a que adopten compromisos para períodos posteriores.

Y finalmente, adoptar nuevos compromisos más elevados para el siguiente lustro. Sin embargo, podrían cambiar los criterios de cómo repartir la carga entre los países, dependiendo de su PIB, población y consumo, haciendo más equitativa la carga.

### **4.3.- Solución a los problemas socio-ambientales.**

Como se ha dicho anteriormente, en los procesos de producción energética, la generación de energía a partir de combustibles fósiles emite a la atmósfera diversos compuestos contaminantes, entre ellos el CO<sub>2</sub>.

El uso de energías renovables, como en el caso de la energía solar térmica y la fotovoltaica es uno de los principales instrumentos para conseguir los objetivos marcados por el protocolo de Kioto de reducción de gases contaminantes a la atmósfera.

El presente proyecto tiene como propósito no tan sólo ahorrarle al colegio costes de consumo en gas natural y en agua sino también contribuir en lo posible en las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub>. Como se ha ido apuntando en este documento, a continuación se dispone a explicar y cuantificar las emisiones generadas y evitadas de CO<sub>2</sub> gracias a las dos tecnologías utilizadas en el proyecto, que contribuyen de forma directa y pasiva a esta labor.

#### **4.3.1.- Energía solar térmica.**

##### **4.3.1.1.- Generalidades.**

Aunque la energía solar térmica se ha utilizado en España desde el inicio de los tiempos, actualmente, y gracias a los progresos técnicos y tecnológicos, se puede hacer uso de este potencial para la generación, como es en el caso de este proyecto, de agua caliente sanitaria.

Gracias a las nuevas políticas que apuestan por las energías renovables, el crecimiento de éstas, está siendo exponencial. En España, las perspectivas de futuro hablan de un 35% de crecimiento anual hasta el año 2010. Según el Plan de energías Renovables para España la energía solar térmica total instalada deberá ser de 4.900.000 m<sup>2</sup>, esto significa un incremento de 4.200.000 m<sup>2</sup> en el periodo comprendido entre 2005 a 2010. A finales del 2008 y según el IDAE, habían instalados alrededor de 1.600.000m<sup>2</sup> de energía solar térmica.

##### **4.3.1.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>.**

Con el uso de tecnologías como los captadores solares para agua caliente sanitaria, se puede evitar gran cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera evitando así problemas como el cambio de temperatura media del planeta, elevación del nivel del mar o el cambio climático.

Se estima que la combustión de hidrocarburos puede emitir del orden de 0,214gr/kWh para el gas butano, 0,19gr/kWh para el Gas Natural y 0,4gr/kWh en la producción de



electricidad en España. Por este motivo está tremendamente penalizado el uso de calentadores eléctricos en instalaciones solares térmicas.

Teniendo en cuenta que la energía auxiliar utilizada para la instalación es gas natural, se deben estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> para este combustible. En el apartado 2.1.4. Superficie de captadores solares, se estimó una demanda total de 55.676,05kWh y un aporte de energía solar al sistema de 43.748,31kWh, y como se menciona en el apartado 2.1.9.5. Sistema de ahorro de agua, se puede llegar a ahorrar 0,37Kg de Dióxido de Carbono por cada 1000l, teniendo en cuenta que se ahorra el 17% de agua respecto a un sistema convencional.

Conforme a estos datos se puede proceder a la estimación de emisiones hipotéticas (sistema convencional), reales y ahorradas.

	Convencional	Solar	Ahorro
<b>Combustión de GN (Kg/año)</b>	10.578,45	2.266,27	8312,18
<b>Sistemas eléctricos</b>	0	218,12	0
<b>Ahorro de agua</b>	0	-149,23	149,23
<b>Total</b>	10.578,45	2335,16	8243,29

Tabla 16.- Emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducirán en un 77,9% aproximadamente.

#### 4.3.2.- Energía solar fotovoltaica.

##### 4.3.2.1.- Generalidades.

La obtención de electricidad a través de la energía fotovoltaica, se caracteriza por su simplicidad, silencio, larga duración, poco mantenimiento, una elevada fiabilidad, y no producir daños al medio ambiente.

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red son centrales de producción de energía descentralizadas, con esto se consigue evitar pérdidas de transporte de energía, estimadas en un 7% de la energía producida.

Según el Plan de Fomento de Energías Renovables, para el 2010 la potencia total instalada en España debía ser de 400MW, esto suponía un incremento de 380MW en el periodo de cinco años. Esta cifra se alcanzó a lo largo del 2007 y actualmente se estima que la potencia total instalada en España es de unos 600MW.

El incremento que España está viviendo es debido a las políticas especiales que favorecen la producción de electricidad en régimen especial. La retribución para el producto en régimen especial de una central fotovoltaica de hasta 100kW será de un valor del 575% de la Tarifa Media de Referencia los primeros 25 años y del 460% de la TMR el resto de la vida de la instalación.

##### 4.3.2.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>.

Gracias a las centrales fotovoltaicas, ya sean grandes o pequeñas, aisladas o conectadas a red, se ahorra gran cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera evitando así todos los problemas descritos anteriormente en apartados anteriores.



Se estima que la producción de electricidad en España produce alrededor de 0,4Kg/kWh, este elevado valor es causado en gran medida por las centrales convencionales que aún funcionan en nuestro país como pueden ser las de carbón (media de emisión de 0,9Kg/kWh) o fuel-oil (media de emisión de 0,7Kg/kWh).

También ha de tenerse en cuenta emisiones de otro tipo de gases nocivos como pueden ser los óxidos de nitrógeno o el dióxido de azufre.

En el punto 2.2.3.1.3. Producción anual esperada, se estimó una producción total de 101.796,02kWh anuales.

Conforme a estos datos se puede proceder a la estimación de emisiones evitadas por la instalación fotovoltaica.

	<b>Emisiones evitadas</b>
<b>CO<sub>2</sub></b> (Kg/año)	40718,4
<b>NO<sub>x</sub></b> (Kg/año)	153,71
<b>SO<sub>2</sub></b> (Kg/año)	203,59

Tabla 17.- Emisiones evitadas por la instalación.

Por tanto ésta instalación con 65kW instalados, genera anualmente una energía de 101.796,02 kWh, ahorrando en emisiones a la atmósfera 40,71 toneladas de CO<sub>2</sub>.

El consumo energético de una familia española es 30 Kwh/día, con lo que anualmente consumirá 10.950 Kwh, produciendo 4,38 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales. Por tanto con la energía generada por la instalación fotovoltaica planteada se podrían alimentar a nueve familias españolas.



INDICE.

<b>1.- Instalación Térmica.....</b>	<b>2</b>
1.1.- Captador solar.....	2
1.2.- Depósito de acumulación.....	2
1.3.- Depósito final.....	3
1.4.- Intercambiador de placas exterior.....	3
1.5.- Vaso de expansión.....	4
1.6.- Bombas.....	4
1.6.1.- Bomba del circuito primario.....	4
1.6.2.- Bomba del circuito secundario.....	5
1.6.3.- Bomba de recirculación:.....	5
1.7.- Caldera auxiliar:.....	6
1.8.- Lavavajillas.....	6
1.9.- Sistema de control.....	7
1.9.1.- Centralita.....	7
1.9.2.- Sensores.....	7
<b>2.- Instalación Fotovoltaica.....</b>	<b>8</b>
2.1.- Módulos fotovoltaicos.....	8
2.2.- Inversores.....	9
2.2.1.- Inversor 1.....	9
2.2.2.- Inversor 2.....	10
2.3.- Caja de conexión.....	11



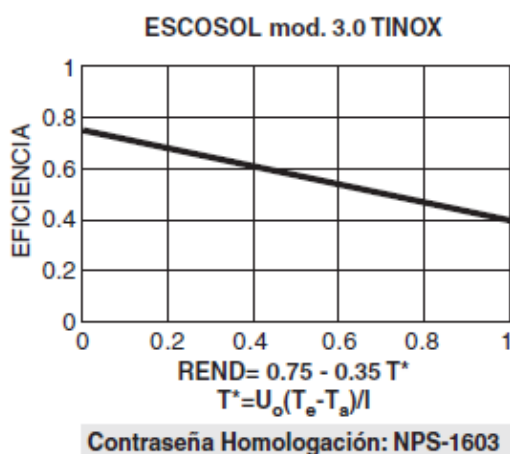
## 1.- Instalación Térmica.

### 1.1.- Captador solar.

#### Salvador Escoda 3.0 tinox

L x A x H (mm):	2.300 x 1.240 x 77
S. total (m <sup>2</sup> ):	2,85
S. Absorción:	2,66
Volumen (l):	1,67
Presión máxima (bar):	7
$\eta_0$	0,75
$a_1$ W/m <sup>2</sup> /K	3,5
Contraseña de homologación:	NPS-6606

La curva de rendimiento del panel es la siguiente:



### 1.2.- Depósito de acumulación.

#### Salvador Escoda ACS408 3000T

Volumen (l):	3.000
T <sub>max</sub> de acumulación (°C):	80
Presión max. Aum. (bar):	8
Diámetro (mm):	1.410
Altura (mm):	2.590
Material:	Acero al Carbono
Aislamiento:	Espuma rígida de poliuretano
Espesor del aislamiento (mm):	80



### 1.3.- Depósito final.

#### Salvador Escoda BRVF 1000

Volumen (l):	1.000
Superficie del serpentín (m <sup>2</sup> ):	2,9
T <sub>max</sub> circuito primario (°C):	99
Presión max. 1ª (bar):	12
T <sub>max</sub> circuito secundario (°C):	99
Presión max. 2ª (bar):	6
Diámetro (mm):	940
Altura (mm):	2.095
Interior:	Esmaltado inorgánico
Aislamiento:	Poliuretano flexible
Espesor del aislamiento (mm):	70
Protección catódica:	Ánodos de Magnesio

### 1.4.- Intercambiador de placas exterior.

#### Salvador Escoda M3FG 40Kw

Nº Placas:	28
Paneles:	30
Caudal del primario (l/h):	3.600
Pérdida de carga del primario (m.c.a.):	2,06
Caudal del secundario (l/h):	3.600
Pérdida de carga del secundario (m.c.a.):	2,08
Potencia (kCal/h):	34.200
T. entrada del primario (°C):	55
T. salida del primario (°C):	45
T. entrada del secundario (°C):	35
T. salida del secundario (°C):	45
Volumen interior (l):	3,22





## 1.5.- Vaso de expansión.

### Salvador Escoda 18 SMF

Volumen (l):	18
Tipo de membrana:	Fija
Presión máxima (bar):	10
Dimensiones DxH (mm):	270 x 405
Conexión de agua:	3/4"
Precarga (bar):	2,5
Temperatura máxima (°C):	130
Uso de anticongelante (%):	50

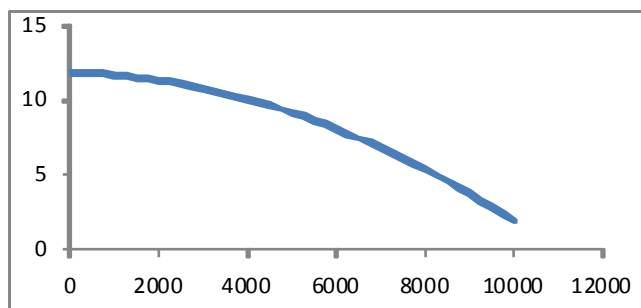
## 1.6.- Bombas.

### 1.6.1.- Bomba del circuito primario.

### Solever Wilo TOP-S 25/10 EM

Diámetro de conexión (mm):	30
Conexión:	Roscada
PN (m):	10
Longitud (mm):	180
Tensión (V):	230
Frecuencia (Hz):	50
Variador de velocidad:	3 velocidades

A continuación se adjunta la curva H-Q de la bomba.



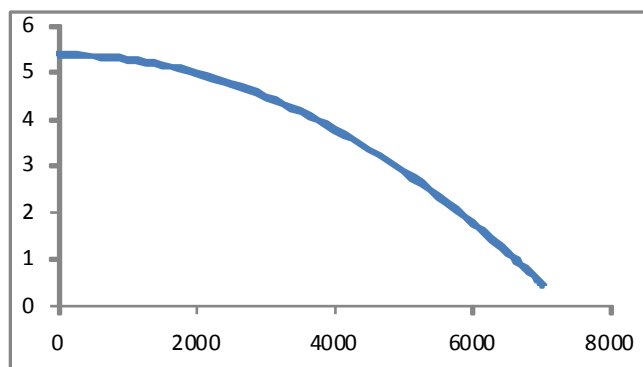


### 1.6.2.- Bomba del circuito secundario.

#### Solever Wilo TOP-Z 30/7 EM

Diámetro de conexión (mm):	30
Conexión:	Roscada
PN (m):	7
Longitud (mm):	180
Tensión (V):	230
Frecuencia (Hz):	50
Variador de velocidad:	3 velocidades
Material de la carcasa:	Bronce

A continuación se adjunta la curva H-Q de la bomba.



### 1.6.3.- Bomba de recirculación:

#### Solever Wilo TOP Star-Z 25/2 EM

Diámetro de conexión (mm):	15
Conexión:	Roscada
Válvula antiretorno:	SI
Longitud (mm):	180
Tensión (V):	230
Frecuencia (Hz):	50
Variador de velocidad:	1 velocidad



A continuación se adjunta la tabla H-Q de la bomba.

<b>Caudal (l/h):</b>	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75
<b>Altura (m.c.a.):</b>	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2

## 1.7.- Caldera auxiliar:

### Saunier Duval Thermosystem Condens F 120/2

Potencia nominal (kW):	120
Combustible:	Gas Natural
Rango de potencias (%):	12 – 100
Eficiencia estandar (%):	110,5
Capacidad de la caldera (l):	14
Caudal nominal (l/h):	5100
Temperatura de humos (°C):	60 – 80
Consumo de gas (m <sup>3</sup> /h):	12,7
Unidades de potencia:	3
Emisión de gases (mg/kWh):	NOx 60 / CO <sub>2</sub> 20
Dimensiones (mm):	1070 x 995 x 695
Peso (Kg):	193
Conexión eléctrica:	230/24V 50Hz
Interface:	Display alfanumérico
Encendido:	Electrónico e ionización de llama
Homologaciones:	B23, C13, C33, C43, C53 y C83

## 1.8.- Lavavajillas.

### Electrolux ESF 66710 X

Bitérmico:	SI
Clase energética:	AAA
Dimensiones (HxAxF):	850 x 596 x 620
Nivel de ruidos (dB):	47
Consumo de agua (l):	12
Eficacia de lavado:	R
Tensión (V):	220 – 240
Frecuencia (Hz):	50



## 1.9.- Sistema de control.

### 1.9.1.- Centralita.

#### Salvador Escoda RESOL MIDI PRO

Carátula:	De plástico ABS
Medidas (mm):	210 x 195 x 117
Protección:	IP30 / DIN 40050
Temperatura ambiente:	T 40 VDE 631
Entradas para sonda:	6 Pt1000
Salidas:	3 relé estándar 3 relé semiconductor
Pantalla digital:	4 línea y 16 caracteres
Consumo máximo (VA):	6
Conexión V-Bus:	RESOL V-BUS
Tipo de regulación:	Diferencial y suplementaria con temporizador

#### **Funciones estándar de regulación:**

- Regulación de la diferencias de temperatura.  
(Para 6  $\Delta T$  por separado).
- Control de velocidad de la bomba.  
(Hasta 3 relés por separado).
  - Temperatura máxima de almacenamiento.  
(Hasta 4 acumuladores por separado).
  - Apagado de seguridad captador / acumulador.
  - Prioridad en sistemas de varios acumuladores.
  - Funcionamiento automático de emergencia.

#### **Funciones estándar de control:**

- Balances (registros)  
(días y horas operativos, temperaturas, etc.)
- Control del sistema (AVISOS)  
(diagnóstico y control del sistema).

#### **Funciones opcionales:**

- Bypass.
- Enfriamiento del captador.
- Intercambiador de calor externo.
- Temperatura de consigna.
- Desconexión del acumulador.
- Termostato ajustado.
- Función de enfriamiento.
- Función de refrigeración.
- Protección antihielo.
- Función especial de tubos de vacío.
- Carga paralela.
- Carga del acumulador.
- Incorporación de célula solar.
- Incorporación de módulo externo de
- Calentamiento.

### 1.9.2.- Sensores.

Para la centralita RESOL MIDI Pro se utilizan las sondas de temperatura de platino PT1000.

**FK:** cable de silicona de 1,5 m. resistente a las inclemencias meteorológicas para temperaturas comprendidas entre  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Se utiliza principalmente en los captadores.



## 1. Memoria.

### Anexo I. Características técnicas de los elementos a instalar.

**FR:** cable de PVC para temperaturas comprendidas entre  $-5^{\circ}\text{C}$  y  $+80^{\circ}\text{C}$ . Se utiliza principalmente en los acumuladores.

**Sondas de temperatura estándar FKP6 o FRP6.**

**Sondas de inmersión FKP60 o FKP150.**

**Sondas cilíndricas FKP20 o FRP20.**

**Sonda de contacto FKP8 o FRP8.**

**Sonda de radiación solar CS10.**

## 2.- Instalación Fotovoltaica.

### 2.1.- Módulos fotovoltaicos.

#### SUNTECH STP280s

Célula:	Silicio Monocristalino (156x156 mm)
Superficie:	Capa antireflectante
Contactos:	Redundantes, múltiples en cada célula
Estructura:	Vidrio templado y microestructurado Células laminadas en EVA Capa posterior de Tedlar
Marco:	Aluminio anodizado
Número de células:	72 (6x12)
Dimensión de los módulos (mm):	1.956x992x50
Peso (kg):	23
Potencia pico:	280 $\text{kw}_p$
Voltaje a potencia máxima ( $V_{mp}$ ):	35,2V
Voltaje a circuito abierto ( $V_{oc}$ ):	44,8V
Corriente a potencia máxima ( $I_{mp}$ ):	7,95A
Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ):	8,33A
Rendimiento del módulo:	14,40%
Voltaje de aplicación en corriente continua:	24V
NOCT:	$48^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
Tolerancia a la potencia:	$\pm 3\%$
Temperatura de operación:	de $-40$ a $85^{\circ}\text{C}$
Coeficiente corriente/temp:	$0,055 \pm 0,01 \text{ \%}/\text{K}$
Coeficiente voltaje/temp:	$-(155 \pm 10) \text{ mV}/\text{K}$
Coeficiente potencia/temp:	$-(0,48 \pm 0,05) \text{ \%}/\text{K}$
Conexiones:	Suntech Plug Type IV

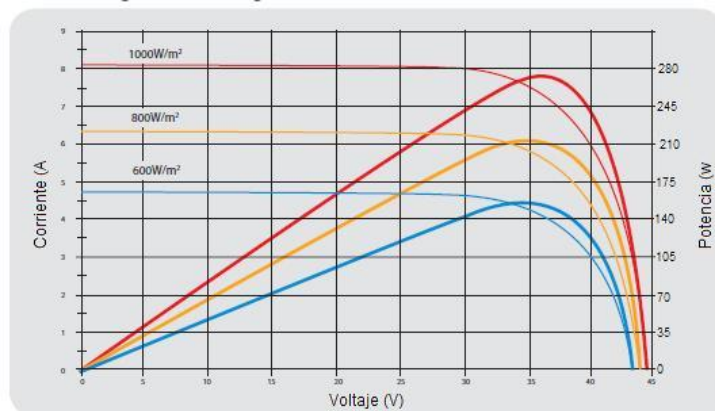
NOCT: Temperatura de operación nominal de la célula.



## 1. Memoria.

### Anexo I. Características técnicas de los elementos a instalar.

A parte de las características anteriormente mencionadas se adjunta la curva de potencia y corriente del módulo.



Los módulos se fabrican con células de alto rendimiento, cumplen los estándares internacionales de calidad y tiene los siguientes certificados: IEC 61215, TÜV Clase de Seguridad II y CE.

## 2.2.- Inversores.

### 2.2.1.- Inversor 1.

#### Ingecon Sun 15

<b>Entrada (DC)</b>	
Rango de tensión MPP:	405-750 Vdc
Máxima tensión:	900 Vdc
Máxima corriente:	41A
<b>Salida (AC)</b>	
Potencia nominal:	15kW
Máxima corriente eficaz:	23A
Tensión y Frec. Nominal:	3x400Vac, 50/60 Hz
Distorsión armónica:	<3% (THD)
Coseno de Phi:	1
Eficiencia máxima:	>94%
Consumo nocturno:	0W
Medidas:	(1,15x0,545x0,665) m
Peso:	242kg
Monitorización:	Pantalla LCD de 2x16
Grado de protección:	IP54 (Electrónica IP65)



Normas:

Marcado CE.

Directiva EMC: EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3.

Directiva Baja Tensión: EN 50178.

Posibilidad de desconexión manual.

Transformador AC de aislamiento galvánico incluido.

Conforme al RD 1663/2000.

**2.2.2.- Inversor 2.**

**Ingecon Sun 20**

<b>Entrada (DC)</b>	
Rango de tensión MPP:	405-750 Vdc
Máxima tensión:	900 Vdc
Máxima corriente:	57A
<b>Salida (AC)</b>	
Potencia nominal:	20kW
Potencia máxima:	22kW
Tensión y Frec. Nominal:	3x400Vac, 50/60 Hz
Distorsión armónica:	<3% (THD)
Coseno de Phi:	1
Eficiencia máxima:	>95%
Consumo nocturno:	0W
Medidas:	(1x0,54x0,54) m
Peso:	320kg
Monitorización:	Pantalla LCD de 2x16
Grado de protección:	IP20

Normas:

Marcado CE.

Directiva EMC: EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3.

Directiva Baja Tensión: EN 50178.

Posibilidad de desconexión manual.

Transformador CA de aislamiento galvánico incluido.

Conforme al RD 1663/2000.

A parte, ambos inversores tienen las siguientes opciones:

- Comunicación por RS-485 o fibra óptica. Módem para telefonía fija o GSM / GPRS.
- Tarjeta de entradas adicionales para la medición de temperatura, irradiación, etc...
- Relé de salida libre de potencial para la señalización de alarmas.
- Acceso remoto y diagnóstico de fallos.
- Programa Ingecon® Sun Control sobre PC para visualización de parámetros, registro de datos, etc...



## **2.3.- Caja de conexión.**

Características generales:

Medición de las corrientes de cada string del generador fotovoltaico.  
Detección de corrientes de string defectuosas.  
Protección de cada string mediante fusibles.  
Grado de protección IP65.  
Adecuado para instalación a la intemperie.  
Monitorización de las corrientes de string vía RS-485, GSM/GPRS, Ethernet y tarjeta de comunicación inalámbrica.  
Información de las corrientes de string integrada en el software Ingecon® Sun Manager.  
Posibilidad de mandar SMS de alarma con las corrientes defectuosas.  
Descargadores de sobretensión de DC opcionales.  
Seccionador de DC opcional.  
Fácil montaje.  
Recomendado para inversores trifásicos.  
Monitorización mediante Ingecon® Sun Manager.

### **Ingecon Sun String Control**

Máximo nº de Strings:	16
Máximo número de canales medibles:	16
Máxima corriente por string:	10 Adc
Máxima corriente total:	160 Adc
Número de fusibles de protección:	16
Máxima tensión:	900 Vdc
Conectores de entrada:	MC 4mm o PG M12 (3,5 a 7mm)
Conectores de salida:	PG M25 (hasta 70 mm <sup>2</sup> )
Conexión de comunicaciones:	RS-485, GSM/GPRS, Ethernet, Inalámbrica, fibra óptica.
Temperatura ambiente:	De -10°C a 65°C
Grado de protección:	IP65
Dimensiones:	730 x 420 x 260 mm
Peso:	15 kg





INDICE.

<b>1.- Inversión.....</b>	<b>2</b>
1.1.- <i>Costes de la instalación solar térmica. ....</i>	2
1.2.- <i>Costes de la instalación solar fotovoltaica. ....</i>	3
1.3.- <i>Resumen de la inversión inicial. ....</i>	3
<b>2.- Estudio de viabilidad económica. ....</b>	<b>4</b>
2.1.- <i>Generalidades.....</i>	4
2.2.- <i>Ayudas públicas, subvenciones y financiación. ....</i>	4
2.2.1.- <i>Subvenciones autonómicas.....</i>	4
2.2.2.- <i>Ventajas fiscales. ....</i>	4
2.3.- <i>Producción anual estimada de energía. ....</i>	5
2.4.- <i>Ingresos anuales por venta de la electricidad. ....</i>	5
2.5.- <i>Gastos variables anuales de producción. ....</i>	6
2.6.- <i>Estudio económico. ....</i>	6
2.6.1.- <i>Condiciones y datos de partida. ....</i>	6
2.6.2.- <i>Cálculo del servicio de la deuda. ....</i>	7
2.6.3.- <i>Cálculo del margen operativo bruto. ....</i>	8
2.6.3.1.- <i>Total de ingresos operativos. ....</i>	8
2.6.3.2.- <i>Total de gastos operativos. ....</i>	9
2.6.4.- <i>Cálculo de la cuenta de resultados.....</i>	10
2.6.5.- <i>Tesorería, periodo de retorno y rentabilidad de la inversión. ....</i>	11
2.7.- <i>Ahorro económico producido por la instalación térmica. ....</i>	12



## 1.- Inversión.

### 1.1.- Costes de la instalación solar térmica.

Los costes de la instalación térmica serán de 756,58 €/m<sup>2</sup> (sin IVA), y 877,63 €/m<sup>2</sup> (con IVA), incluyendo los costes de ingeniería, legalización, montaje, y puesta en marcha.

El reparto económico en % de la instalación fotovoltaica se distribuye de la siguiente manera:

Sistema de captación	40,74 %
Sistema de intercambio y auxiliar	23,5 %
Sistema de acumulación	17,76 %
Tuberías y válvulas	11,3 %
Varios	4,22 %
Sistema de control	2,48 %
Total	100 %

Tabla 1.- Desglose de precios en % de la instalación térmica.

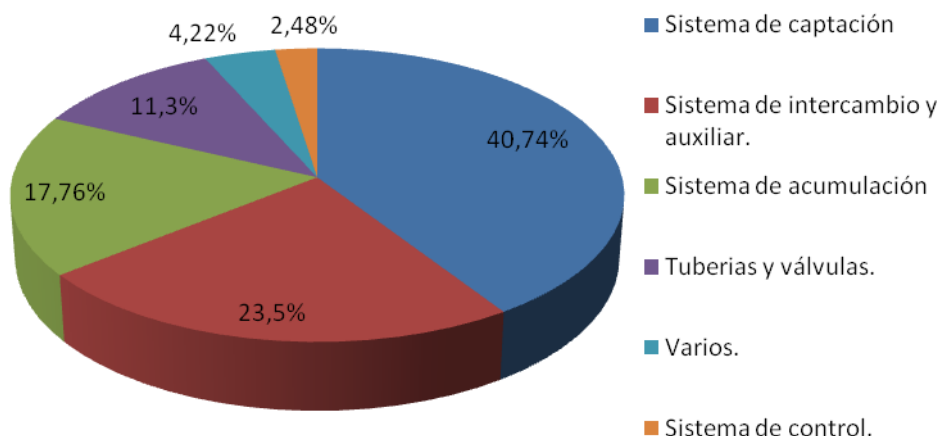


Figura 1.- Desglose de precios en % de la instalación fotovoltaica.

Como se puede observar, el coste más significativo de la instalación es la inversión en el sistema de captación ya que es donde se produce realmente la energía. Esta parte de la instalación implica más del 40% del precio total del sistema, por lo que se debe hacer un estudio detallado de esta parte de la instalación para hacer una buena inversión.

Tras el sistema de captación se debe tener en cuenta los sistemas de intercambio, acumulación y sistema auxiliar ya que entrañan casi la otra mitad de la inversión total del sistema.



## 1.2.- Costes de la instalación solar fotovoltaica.

Los costes de la instalación fotovoltaica serán de 4,67 €/W<sub>p</sub> (sin IVA), y 5,42 €/W<sub>p</sub> (con IVA), incluyendo los costes de ingeniería, legalización, montaje, y puesta en marcha, con la estructura soporte de los módulos, y los costes de obra civil.

El reparto económico en % de la instalación fotovoltaica se repartirá de la siguiente manera:

Generación.	80,17%
Inversión.	13,73 %
Estructura soporte	5,44 %
Obra civil.	0,58 %
Puesta a tierra.	0,05 %
Total	100 %

Tabla 2.- Desglose de precios en % de la instalación fotovoltaica.

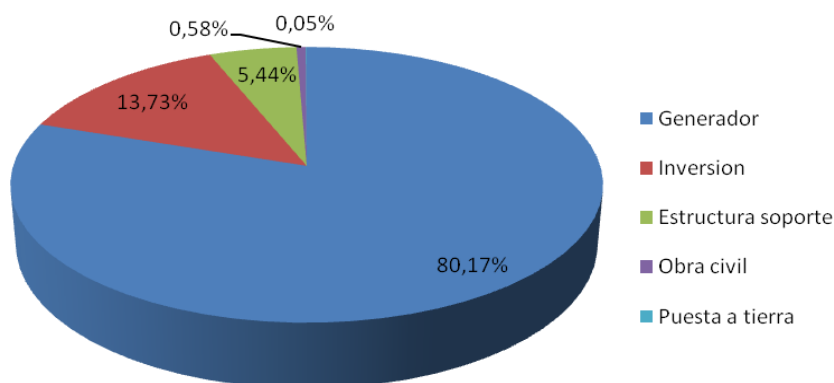


Figura 2.- Desglose de precios en % de la instalación fotovoltaica.

Tras el anterior desglose de costes de la instalación, se puede observar el coste más significativo de la instalación. Es importante la correcta elección de la parte de la generación, o lo que es lo mismo, los módulos fotovoltaicos ya que esta parte de la instalación implica más del 75% del precio total del sistema.

El sistema de inversión, es la parte más importante de la instalación tras los módulos fotovoltaicos, ya que es la parte esencial de este tipo de instalaciones. Los inversores implican una inversión de algo más del 13% del coste total.

El resto de los costes pertenecen a elementos secundarios como estructura soporte, puesta a tierra, obra civil o tramites de proyecto.

## 1.3.- Resumen de la inversión inicial.

Como se puede ver en el documento nº 5, el total de la inversión conjunta de las dos tecnologías será de **417.237,59 € IVA incluido**.



## **2.- Estudio de viabilidad económica.**

---

### **2.1.- Generalidades.**

En el siguiente apartado se estudiará la viabilidad de la inversión y su periodo de retorno. El estudio se hará teniendo en cuenta las dos inversiones en un pago conjunto.

Las condiciones de pago se describen según las tasas e intereses actuales publicados por los organismos administrativos del país.

La inversión inicial con fondos propios representa el 20% del coste total de la inversión. El importe de la deuda contraída se realizará en un período de quince años con un interés fijo igual al Euribor del primer momento más un diferencial de un punto.

La tasa de venta de la energía producida por la instalación fotovoltaica será la estipulada según el Régimen Especial de acuerdo con el RD 661/2007.

Los gastos de combustible de la instalación solar térmica se tendrán en cuenta como costes variables de producción. Si bien, la instalación térmica no produce beneficios como tales, al final del documento se hará un breve estudio del ahorro económico producido por el sistema.

### **2.2.- Ayudas públicas, subvenciones y financiación.**

#### **2.2.1.- Subvenciones autonómicas.**

En el reciente Plan de Energías Renovables 2005-2010 se suprimen las ayudas directas para la realización de los proyectos de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, a parte en la región de Murcia, no se fija ninguna subvención a la inversión de este tipo de instalaciones.

#### **2.2.2.- Ventajas fiscales.**

Deducción 10 % cuota íntegra por inversiones medio ambientales.

- Art. 69 y 70 del R.D. Legislativo 3/2004 que aprueba el texto refundido de la Ley del IRPF.
- Art. 39 y 44 del R.D. Legislativo 4 / 2004 que aprueba el texto refundido de la Ley del IS.

Bonificación opcional por parte de los Ayuntamientos.

- R.D. Legislativo 2/2004, Texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales.

Hasta un 50 % del Impuesto de Actividades Económicas (Art. 88).

- Están exentos del impuesto las personas físicas en general, y los sujetos pasivos del Impuesto de Sociedades (IS) con cifra de negocios inferior a 1.000.000 € (Art. 82).

Hasta el 95 % del Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras (Art. 102 y 103).

Hasta un 50 % del Impuesto sobre Bienes e Inmuebles (Art. 74).



## 2.3.- Producción anual estimada de energía.

La producción de energía estimada anual para la instalación será de 101.786,39 Kwh, distribuida anualmente como muestra la siguiente figura, donde se considera, a parte de la energía generada por los inversores, la energía perdida por el sistema.

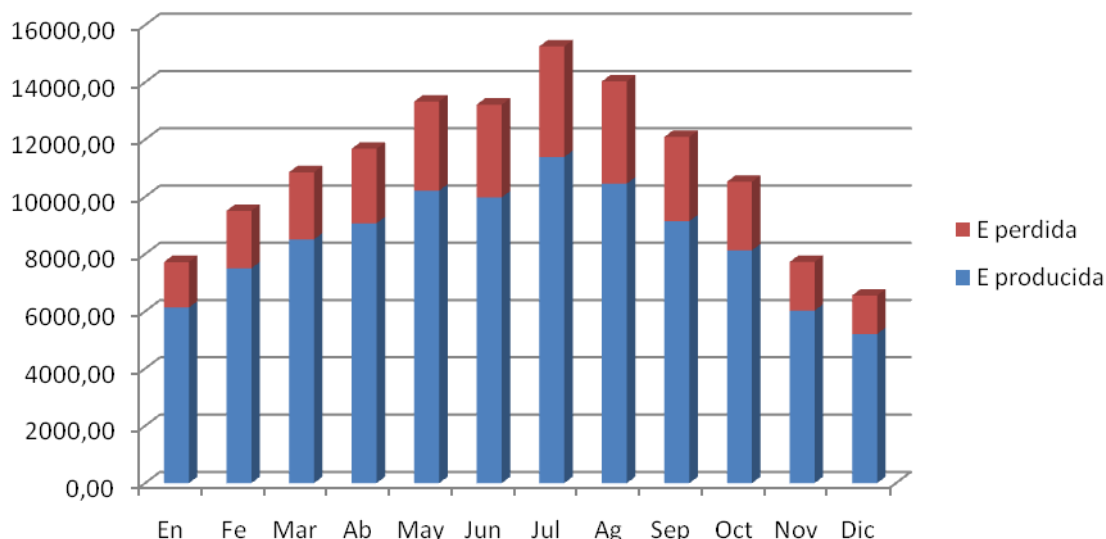


Figura 3.- Estimación de producción anual de energía. Fuente de datos de radiación CENSOL.

## 2.4.- Ingresos anuales por venta de la electricidad.

La instalación solar fotovoltaica tiene una potencia total unitaria inferior a 100 kW nominales, de modo que la producción en Régimen Especial se abona, de acuerdo con el RD 661/2007 actualmente en vigor, con la tarifa de Grupo b.1.1., a 0,44 €/kWh.

Tarifa de referencia 0,076588 €/kWh

Tarifa 0-25 años 575% de la TR = 0,440381 €/kWh

Tarifa 25+ años 460% de la TR = 0,229764 €/kWh

El beneficio económico de la energía producida por la instalación fotovoltaica cada mes será:

	kWh	€
Enero	6.131,51	2.700,19
Febrero	7.504,28	3.304,73
Marzo	8.511,90	3.748,47
Abril	9.075,03	3.996,46
Mayo	10.214,28	4.498,16
Junio	9.980,40	4.395,17
Julio	11.387,88	5.015,00
Agosto	10.462,74	4.607,58
Septiembre	9.152,73	4.030,68
Octubre	8.130,21	3.580,38
Noviembre	6.024,92	2.653,26
Diciembre	5.210,51	2.294,61
		+ 101.786,39 €

Tabla 3.- Beneficio de la venta de energía a red durante el año 1 de la instalación.



## 2.5.- Gastos variables anuales de producción.

Como se comentaba anteriormente, se debe hacer un cálculo de la cuantía que supone el gasto variable en la producción.

El déficit energético calculado mediante el método f-chart permite cuantificar el consumo de combustible necesario para la demanda energética de la instalación y por tanto su cuantía económica.

El déficit anual total es de 11.579,42 kWh, con un coste del combustible fijado en 0,0594 €/kWh. En la siguiente figura se representa en azul el aporte solar energético y en rojo el déficit que hay que cubrir con combustible, en este caso Gas Natural.

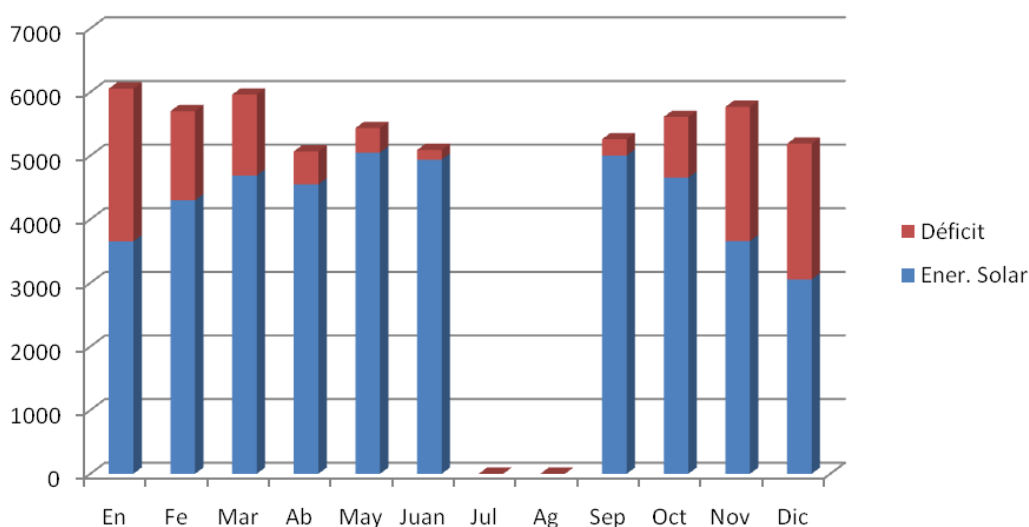


Figura 4.- Estimación del gasto anual de combustible en la instalación solar térmica.

A parte deben considerarse los gastos de mantenimiento, los cuales se han estimado en un 9% de la producción anual para las dos instalaciones.

## 2.6.- Estudio económico.

### 2.6.1.- Condiciones y datos de partida.

Las condiciones del cálculo y los datos de partida se muestran en las siguientes tablas resumen:

IPC	3,1%	interanual	Subvención	0%
Precio ref. electricidad	0,076588	€/kWh	Fondos propios	20%
Prima eléctrica	575%	año1 a año 25	Euribor	3,50%
	460%	a partir de año 25	Diferencial	1%
Variación de la tarifa eléctrica	2%	interanual	Tipo impositivo	30%
Variación de la tarifa de gas	2%	interanual	Plazo de préstamo	15 años
Precio Gas Natural	0,0594	€/kWh	Tasa de descuento	12%

Tabla 4.- Datos económicos de partida para el cálculo de la viabilidad económica.



<b>Potencia fotovoltaica instalada</b>	66,64 kW pico	65 kW nominales
<b>Coste de la instalación fotovoltaica</b>	4,6727 €/Wp	311.387,83 €
<b>Coste de la instalación térmica</b>	756,58 €/m <sup>2</sup>	48.299,75 €
<b>Total de la ejecución de la obra</b>	359.687,58 €	417.237,59 € IVA incluido
<b>Cuota anual interés más amort.</b>	26.793,50 €	
<b>Producción eléctrica anual</b>	101.786,39 kWh/año	1.527 HSE
<b>Déficit térmico</b>	11.579,41 kWh/año	
<b>Pérdida anual de la producción</b>	1%	-20% a 20 años
<b>Coste de terrenos</b>	- €	0% sobre total
<b>Otros ingresos previstos</b>	- €/año	0 sobre produc.
<b>Gastos de mantenimiento</b>	9% s/prod. Anual	
<b>Periodo amortización instalación</b>	30 años	

Tabla 5.- Datos y condiciones de producción para el cálculo de la viabilidad económica.

## 2.6.2.- Cálculo del servicio de la deuda.

La inversión inicial financiada con recursos propios será de 71.937,57 €, el 20% de la inversión inicial. Por tanto 287.750 € se deberán financiar con préstamo a quince años con una cuota anual de 26.793,5 € y un interés fijo igual al Euribor del primer momento más un diferencial de un punto, siendo este valor total igual a 4,5%.

En la siguiente tabla se muestra con detalle la distribución de la vida del préstamo.

Momento	Año	Importe	Interés	Principal
0	2008	287.750 €		
1	2009	273.905 €	12.949 €	13.845 €
2	2010	259.438 €	12.326 €	14.468 €
3	2011	244.319 €	11.675 €	15.119 €
4	2012	228.520 €	10.994 €	15.799 €
5	2013	212.009 €	10.283 €	16.510 €
6	2014	194.756 €	9.540 €	17.253 €
7	2015	176.727 €	8.764 €	18.029 €
8	2016	157.886 €	7.953 €	18.841 €
9	2017	138.197 €	7.105 €	19.689 €
10	2018	117.623 €	6.219 €	20.575 €
11	2019	96.122 €	5.293 €	21.500 €
12	2020	73.654 €	4.326 €	22.468 €
13	2021	50.175 €	3.314 €	23.479 €
14	2022	25.640 €	2.258 €	24.536 €
15	2023	0 €	1.154 €	25.640 €

Tabla 6.- Distribución del servicio de la deuda a 15 años.

De esta manera se incrementará el valor total de la instalación ya que se deberá pagar unos intereses con valor de 114.152,50 €.



## 2.6.3.- Cálculo del margen operativo bruto.

### 2.6.3.1.- Total de ingresos operativos.

El cálculo de los ingresos operativos se lleva a cabo según el precio estipulado del kilowatio hora según el RD 661/2007 con un incremento anual del 2% y la producción esperada cada año de la vida de la instalación. La producción esperada sufrirá una disminución de su valor en el primer momento del 1% cada año.

Momento	Año	Tarifa	Volumen kWh	Ingresos
0	2008			
1	2009	0,4404 €	101.786,39	44.825 €
2	2010	0,4492 €	100.768,53	45.264 €
3	2011	0,4582 €	99.750,66	45.703 €
4	2012	0,4673 €	98.732,80	46.141 €
5	2013	0,4767 €	97.714,93	46.579 €
6	2014	0,4862 €	96.697,07	47.016 €
7	2015	0,4959 €	95.679,21	47.451 €
8	2016	0,5059 €	94.661,34	47.885 €
9	2017	0,5160 €	93.643,48	48.318 €
10	2018	0,5263 €	92.625,61	48.748 €
11	2019	0,5368 €	91.607,75	49.177 €
12	2020	0,5476 €	90.589,89	49.603 €
13	2021	0,5585 €	89.572,02	50.027 €
14	2022	0,5697 €	88.554,16	50.448 €
15	2023	0,5811 €	87.536,30	50.865 €
16	2024	0,5927 €	86.518,43	51.279 €
17	2025	0,6045 €	85.500,57	51.689 €
18	2026	0,6166 €	84.482,70	52.095 €
19	2027	0,6290 €	83.464,84	52.497 €
20	2028	0,6416 €	82.446,98	52.894 €
21	2029	0,6544 €	81.429,11	53.286 €
22	2030	0,6675 €	80.411,25	53.672 €
23	2031	0,6808 €	79.393,38	54.053 €
24	2032	0,6944 €	78.375,52	54.427 €
25	2033	0,7083 €	77.357,66	54.794 €
26	2034	0,5780 €	76.339,79	44.124 €
27	2035	0,5896 €	75.321,93	44.406 €
28	2036	0,6013 €	74.304,06	44.682 €
29	2037	0,6134 €	73.286,20	44.952 €
30	2038	0,6256 €	72.268,34	45.214 €

Tabla 7.- Distribución del total de los ingresos operativos en la vida de la instalación.



**2.6.3.2.- Total de gastos operativos.**

Para el cálculo de los gastos operativos y tal y como se mencionaba en el punto 2.5. Gastos variables anuales de producción, se deberá tener en cuenta el mantenimiento de ambas instalaciones, estimado en un 9% de la producción anual de cada año y el coste del Gas Natural. La tarifa del gas se estima en 0,0594 €/kWh con un incremento del 2% anual. A parte se debe tener en cuenta que en general, cada año la vida es más cara y por ello se incrementan los valores obtenidos según el IPC, valorado en un 3,1%.

Momento	Año	Sistema Fotovoltaico		Sistema Térmico			Total
		Producción	Mtmo.	Tarifa	Coste Gas	Mtmo.	
0	2008						
1	2009	44.825 €	4.159 €	0,0594 €	687,82 €	232,83 €	5.080 €
2	2010	45.264 €	4.288 €	0,0606 €	708,59 €	242,40 €	5.239 €
3	2011	45.703 €	4.421 €	0,0618 €	729,99 €	252,36 €	5.404 €
4	2012	46.141 €	4.558 €	0,0630 €	752,03 €	262,74 €	5.573 €
5	2013	46.579 €	4.700 €	0,0643 €	774,75 €	273,53 €	5.748 €
6	2014	47.016 €	4.845 €	0,0656 €	798,14 €	284,78 €	5.928 €
7	2015	47.451 €	4.995 €	0,0669 €	822,25 €	296,48 €	6.114 €
8	2016	47.885 €	5.150 €	0,0682 €	838,69 €	308,67 €	6.298 €
9	2017	48.318 €	5.310 €	0,0696 €	872,66 €	321,36 €	6.504 €
10	2018	48.748 €	5.475 €	0,0710 €	899,01 €	334,57 €	6.708 €
11	2019	49.177 €	5.644 €	0,0724 €	926,16 €	348,32 €	6.919 €
12	2020	49.603 €	5.819 €	0,0739 €	954,14 €	362,64 €	7.136 €
13	2021	50.027 €	6.000 €	0,0753 €	982,95 €	377,54 €	7.360 €
14	2022	50.448 €	6.186 €	0,0768 €	1.012,64 €	393,06 €	7.591 €
15	2023	50.865 €	6.377 €	0,0784 €	1.043,22 €	409,22 €	7.830 €
16	2024	51.279 €	6.575 €	0,0799 €	1.074,72 €	426,04 €	8.076 €
17	2025	51.689 €	6.779 €	0,0815 €	1.107,18 €	443,55 €	8.330 €
18	2026	52.095 €	6.989 €	0,0832 €	1.140,62 €	461,78 €	8.591 €
19	2027	52.497 €	7.206 €	0,0848 €	1.175,06 €	480,76 €	8.862 €
20	2028	52.894 €	7.429 €	0,0865 €	1.210,55 €	500,52 €	9.140 €
21	2029	53.286 €	7.659 €	0,0883 €	1.247,11 €	521,10 €	9.428 €
22	2030	53.672 €	7.897 €	0,0900 €	1.284,77 €	542,51 €	9.724 €
23	2031	54.053 €	8.142 €	0,0918 €	1.323,57 €	564,81 €	10.030 €
24	2032	54.427 €	8.394 €	0,0937 €	1.363,54 €	588,03 €	10.346 €
25	2033	54.794 €	8.654 €	0,0955 €	1.404,72 €	612,20 €	10.671 €
26	2034	44.124 €	8.922 €	0,0975 €	1.447,14 €	637,36 €	11.007 €
27	2035	44.406 €	9.199 €	0,0994 €	1.490,85 €	663,56 €	11.353 €
28	2036	44.682 €	9.484 €	0,1014 €	1.535,87 €	690,84 €	11.711 €
29	2037	44.952 €	9.778 €	0,1034 €	1.582,25 €	719,23 €	12.080 €
30	2038	45.214 €	10.081 €	0,1055 €	1.630,04 €	748,80 €	12.460 €

Tabla 8.- Distribución del total de los gastos operativos en la vida de la instalación.



#### 2.6.4.- Cálculo de la cuenta de resultados.

Para el cálculo del Beneficio después de los impuestos, se debe tener en cuenta la ayuda que ofrece el estado, que es igual al 10% del coste total de la instalación. En este caso será una ayuda total de 35.968,76 € repartidos en siete años. El margen operativo es la diferencia entre los ingresos operativos y los gastos operativos.

El beneficio neto de la instalación en treinta años será igual a **561.693,47 €**.

Momento	Año	Margen Operativo	Amort.	Intereses	Impuestos	Desgravación fiscal	Beneficio DDI
0	2008						
1	2009	39.745 €	11.990 €	12.949 €	4.441,95 €	4.441,95 €	14.806,52 €
2	2010	40.025 €	11.990 €	12.326 €	4.712,86 €	4.712,86 €	15.709,53 €
3	2011	40.299 €	11.990 €	11.675 €	4.990,56 €	4.990,56 €	16.635,21 €
4	2012	40.568 €	11.990 €	10.994 €	5.275,34 €	5.275,34 €	17.584,46 €
5	2013	40.831 €	11.990 €	10.283 €	5.567,47 €	5.567,47 €	18.558,23 €
6	2014	41.088 €	11.990 €	9.540 €	5.867,26 €	5.867,26 €	19.557,54 €
7	2015	41.337 €	11.990 €	8.764 €	6.175,03 €	5.113,31 €	19.521,72 €
8	2016	41.588 €	11.990 €	7.953 €	6.493,62 €	0,00 €	15.151,78 €
9	2017	41.814 €	11.990 €	7.105 €	6.815,83 €	0,00 €	15.903,60 €
10	2018	42.040 €	11.990 €	6.219 €	7.149,57 €	0,00 €	16.682,33 €
11	2019	42.258 €	11.990 €	5.293 €	7.492,71 €	0,00 €	17.483,00 €
12	2020	42.467 €	11.990 €	4.326 €	7.845,65 €	0,00 €	18.306,52 €
13	2021	42.667 €	11.990 €	3.314 €	8.208,81 €	0,00 €	19.153,89 €
14	2022	42.856 €	11.990 €	2.258 €	8.582,62 €	0,00 €	20.026,12 €
15	2023	43.035 €	11.990 €	1.154 €	8.967,55 €	0,00 €	20.924,29 €
16	2024	43.203 €	11.990 €	0 €	9.364,09 €	0,00 €	21.849,54 €
17	2025	43.360 €	11.990 €	0 €	9.411,02 €	0,00 €	21.959,05 €
18	2026	43.504 €	11.990 €	0 €	9.454,31 €	0,00 €	22.060,07 €
19	2027	43.636 €	11.990 €	0 €	9.493,80 €	0,00 €	22.152,20 €
20	2028	43.754 €	11.990 €	0 €	9.529,29 €	0,00 €	22.235,01 €
21	2029	43.858 €	11.990 €	0 €	9.560,60 €	0,00 €	22.308,07 €
22	2030	43.948 €	11.990 €	0 €	9.587,54 €	0,00 €	22.370,93 €
23	2031	44.023 €	11.990 €	0 €	9.609,91 €	0,00 €	22.423,12 €
24	2032	44.081 €	11.990 €	0 €	9.627,50 €	0,00 €	22.464,17 €
25	2033	44.123 €	11.990 €	0 €	9.640,10 €	0,00 €	22.493,56 €
26	2034	33.117 €	11.990 €	0 €	6.338,19 €	0,00 €	14.789,12 €
27	2035	33.053 €	11.990 €	0 €	6.318,96 €	0,00 €	14.744,24 €
28	2036	32.971 €	11.990 €	0 €	6.294,53 €	0,00 €	14.687,24 €
29	2037	32.872 €	11.990 €	0 €	6.264,69 €	0,00 €	14.617,61 €
30	2038	32.754 €	11.990 €	0 €	6.229,21 €	0,00 €	14.534,83 €

Tabla 9.- Cuenta de resultados.

**2.6.5.- Tesorería, periodo de retorno y rentabilidad de la inversión.**

Teniendo en cuenta que la inversión inicial con fondos propios incluyendo el IVA es igual a 83.447,52 €, los cuales se invierten en el año cero. El periodo de retorno de la inversión se estima en nueve años, este valor se obtiene contando los años en los que se obtiene un valor negativo en el cálculo del retorno.

Momento	Año	Margen Operativo	Principal	Interés	Impuestos	Flujo de caja	Retorno
0	2008						-83.448 €
1	2009	39.745 €	13.845 €	12.949 €	4.442 €	8.509 €	-74.938 €
2	2010	40.025 €	14.468 €	12.326 €	4.713 €	8.518 €	-66.420 €
3	2011	40.299 €	15.119 €	11.675 €	4.991 €	8.515 €	-57.904 €
4	2012	40.568 €	15.799 €	10.994 €	5.275 €	8.500 €	-49.405 €
5	2013	40.831 €	16.510 €	10.283 €	5.567 €	8.470 €	-40.934 €
6	2014	41.088 €	17.253 €	9.540 €	5.867 €	8.427 €	-32.508 €
7	2015	41.337 €	18.029 €	8.764 €	6.175 €	8.369 €	-24.139 €
8	2016	41.588 €	18.841 €	7.953 €	6.494 €	8.301 €	-15.839 €
9	2017	41.814 €	19.689 €	7.105 €	6.816 €	8.205 €	-7.634 €
10	2018	42.040 €	20.575 €	6.219 €	7.150 €	8.097 €	463 €
11	2019	42.258 €	21.500 €	5.293 €	7.493 €	7.972 €	8.435 €
12	2020	42.467 €	22.468 €	4.326 €	7.846 €	7.828 €	16.263 €
13	2021	42.667 €	23.479 €	3.314 €	8.209 €	7.664 €	23.928 €
14	2022	42.856 €	24.536 €	2.258 €	8.583 €	7.480 €	31.408 €
15	2023	43.035 €	25.640 €	1.154 €	8.968 €	7.274 €	38.682 €
16	2024	43.203 €	0 €	0 €	9.364 €	33.839 €	72.521 €
17	2025	43.360 €	0 €	0 €	9.411 €	33.949 €	106.470 €
18	2026	43.504 €	0 €	0 €	9.454 €	34.050 €	140.520 €
19	2027	43.636 €	0 €	0 €	9.494 €	34.142 €	174.661 €
20	2028	43.754 €	0 €	0 €	9.529 €	34.225 €	208.886 €
21	2029	43.858 €	0 €	0 €	9.561 €	34.298 €	243.184 €
22	2030	43.948 €	0 €	0 €	9.588 €	34.361 €	277.544 €
23	2031	44.023 €	0 €	0 €	9.610 €	34.413 €	311.957 €
24	2032	44.081 €	0 €	0 €	9.628 €	34.454 €	346.411 €
25	2033	44.123 €	0 €	0 €	9.640 €	34.483 €	380.894 €
26	2034	33.117 €	0 €	0 €	6.338 €	26.779 €	407.672 €
27	2035	33.053 €	0 €	0 €	6.319 €	26.734 €	434.406 €
28	2036	32.971 €	0 €	0 €	6.295 €	26.677 €	461.083 €
29	2037	32.872 €	0 €	0 €	6.265 €	26.607 €	487.690 €
30	2038	32.754 €	0 €	0 €	6.229 €	26.524 €	514.215 €

Tabla 10.- Tesorería Flujo de caja y Retorno de la inversión.



Todo el estudio anterior lleva al cálculo de los dos parámetros determinantes de la rentabilidad de la inversión, estos parámetros son el VAN (Valor Actual Neto), que si su valor es mayor que cero se demuestra que la inversión es rentable y el TIR (Tasa Interna de Retorno), que indica el valor máximo de la tasa de descuento con la que el proyecto sigue siendo rentable.

Los dos valores antes mencionados que se obtienen al analizar los flujos de caja durante treinta años demuestran que la inversión es rentable. Estos valores son los siguientes:

<b>VAN</b>	116.076,50 €
<b>TIR</b>	13,50%

## 2.7.- Ahorro económico producido por la instalación térmica.

Como se comentaba al inicio del presente documento, la instalación solar térmica no genera ingresos como tales ya que esta tecnología está dirigida al autoconsumo de las necesidades del edificio. Aunque no genera beneficio, si consigue un ahorro significativo del combustible en comparación con una instalación sin aporte solar.

En el siguiente cuadro se representa un estudio del ahorro generado teniendo en cuenta que el precio del Gas Natural es de 0,0594 €/kWh. En primer lugar se hace un cálculo hipotético del capital necesario para abastecer toda la demanda sin aporte solar, en segundo lugar el capital ahorrado gracias al sistema solar y en tercer lugar el capital que debe invertirse en combustible para alcanzar el total de la demanda.

	Datos energéticos			Datos económicos		
	Consumo kWh	Solar kWh	Gasto kWh	Gasto hip €	Ahorro €	Gasto €
Enero	6053,87	3654,49	2399,37	359,60	217,08	142,52
Febrero	5700,24	4299,98	1400,26	338,59	255,42	83,18
Marzo	5960,37	4689,04	1271,33	354,05	278,53	75,52
Abril	5066,88	4549,02	517,86	300,97	270,21	30,76
Mayo	5434,45	5049,22	385,23	322,81	299,92	22,88
Junio	5089,50	4938,30	151,20	302,32	293,33	8,98
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	5259,15	5003,40	255,75	312,39	297,20	15,19
Octubre	5609,76	4654,79	954,97	333,22	276,49	56,73
Noviembre	5768,10	3657,58	2110,52	342,63	217,26	125,36
Diciembre	5189,03	3056,11	2132,92	308,23	181,53	126,70
<b>Total:</b>	<b>55.131,35</b>	<b>43.551,93</b>	<b>11.579,42</b>	<b>3.274,80 €</b>	<b>2.586,98 €</b>	<b>687,82 €</b>

Como se puede ver, gracias al aporte energético de la instalación solar se puede ahorrar cada año un total de 2.586,98 € que representa casi un 79% del gasto producido por una instalación convencional de las mismas características.



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Industrial



# **Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

## **2. Cálculos Justificativos.**



INDICE.

<b>1.- Instalación solar térmica.....</b>	<b>3</b>
1.1.- <i>Demanda energética prevista.</i> .....	3
1.1.1.- Demanda total diaria.....	3
1.1.2.- Necesidades energéticas anuales. Hoja de carga. ....	4
1.2.- <i>Producción energética anual. Método f-Chart.</i> .....	5
1.2.1.- Radiación solar mensual incidente sobre superficie inclinada. ....	5
1.2.2.- Cálculo del parámetro $D_1$ . ....	6
1.2.3.- Cálculo del parámetro $D_2$ . ....	7
1.2.4.- Determinación de la fracción energética mensual. ....	9
1.2.5.- Fracción solar anual.....	9
1.2.6.- Resumen del método f-Chart. ....	10
1.3.- <i>Situación de los captadores solares en la cubierta.</i> .....	11
1.3.1.- Cálculo de las pérdidas por orientación. ....	11
1.3.2.- Cálculo de las pérdidas por sombras.....	11
1.3.3.- Cálculo de la separación entre elementos que producen sombras.....	11
1.3.4.- Cálculo de las zapatas de sujeción de la estructura soporte. ....	12
1.4.- <i>Cálculo del sistema de intercambio y acumulación.</i> .....	13
1.4.1.- Cálculo del sistema de intercambio. ....	13
1.4.2.- Cálculo del volumen de acumulación.....	13
1.5.- <i>Cálculo del circuito hidráulico.</i> .....	14
1.5.1.- Cálculo del circuito primario solar.....	14
1.5.1.1.- Caudal del circuito primario. ....	14
1.5.1.2.- Tuberías del circuito primario. ....	14
1.5.1.3.- Aislamiento de las tuberías. ....	15
1.5.1.4.- Cálculo de la pérdida de carga del circuito primario solar. ....	15
1.5.1.5.- Elección de la bomba del circuito primario solar. ....	16
1.5.1.6.- Cálculo del vaso de expansión.....	17
1.5.2.- Cálculo del circuito secundario. ....	18
1.5.2.1.- Caudal del circuito secundario. ....	18
1.5.2.2.- Tuberías del circuito secundario. ....	18
1.5.2.3.- Aislamiento del circuito secundario. ....	18
1.5.2.4.- Cálculo de la pérdida de carga del circuito secundario.....	18
1.5.2.5.- Elección de la bomba del circuito secundario.....	19
1.5.3.- Cálculo del subsistema de distribución. ....	19
1.5.3.1.- Dimensionado de tuberías de distribución de agua precalentada. ....	19
1.5.3.2.- Selección de la bomba de recirculación y de la tubería de retorno.....	21
1.6.- <i>Cálculo del subsistema de apoyo.</i> .....	21



## 2. Cálculos justificativos.

<b>2.- Instalación solar fotovoltaica.</b>	<b>23</b>
2.1.- Tensión nominal y caída de tensión máxima admisible.	23
2.2.- Potencia total instalada.	23
2.3.- Configuración eléctrica de los módulos.	23
2.3.1.- Conexión eléctrica entre módulos.	23
2.3.2.- Diseño óptimo del string.	24
2.4.- Cálculo de las secciones y las caídas de tensión.	24
2.4.1.- Fórmulas utilizadas.	24
2.4.2.- Procedimiento del cálculo.	25
2.4.3.- Cálculo eléctrico de la línea de corriente continua.	25
2.4.3.1.- Circuitos del inversor 1.	26
2.4.3.2.- Circuitos del inversor 2.	27
2.4.3.3.- Circuitos del inversor 3.	29
2.4.3.4.- Circuitos del inversor 4.	30
2.4.4.- Cálculo eléctrico de las líneas de corriente alterna.	31
2.5.- Situación de los módulos fotovoltaicos en la cubierta.	33
2.5.1.- Cálculo de las pérdidas por orientación.	33
2.5.2.- Cálculo de las pérdidas por sombras.	34
2.5.3.- Cálculo de la separación entre elementos que producen sombras.	34
2.5.4.- Cálculo de las zapatas de sujeción de las estructuras soporte.	35
2.6.- Balance energético.	36
2.6.1.- Performance ratio.	36
2.6.2.- Producción anual esperada.	37
2.7.- Cálculo de las protecciones para las líneas.	37
2.7.1.- Protección ante sobrecargas.	37
2.7.2.- Protección magnetotérmica.	38
2.8.- Cálculo de la puesta a tierra.	40
2.8.1.- Cálculo del electrodo de puesta a tierra.	40
2.8.2.- Cálculo de distancia entre masas de otra instalación.	40

### Anexo I. Tablas.

### Anexo II. Hoja resumen de los cálculos eléctricos.



## 1.- Instalación solar térmica.

En general para este documento se seguirá lo establecido en el Documento Básico HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria del Código Técnico de la Edificación así como el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

### 1.1.- Demanda energética prevista.

#### 1.1.1.- Demanda total diaria.

Puesto que el edificio que nos ocupa es de nueva construcción, y no se conocen datos de consumos, se hace una estimación de la demanda de Agua Caliente Sanitaria tomando como ejemplo consumos de instalaciones similares, estos datos servirán de guía para la estimación adecuada. A parte se hará un horario con las actividades previstas para el caso, y los usos previstos para cada franja horaria, teniendo en cuenta los consumos estipulados para cada caso por el CTE.

- Para el consumo en los vestuarios, la tabla de horarios facilitada por los encargados de las actividades extraescolares incluyendo el aforo esperado en cada una de ellas es el siguiente, (los horarios serán los mismos para los cinco días lectivos de la semana):

Horario	1º Zona	2º Zona	Pista completa	Aforo
16:30 / 17:30	Gimnasia y coordinación	Baloncesto	-	40
17:30 / 18:30	-	-	Futbol sala	20
18:30 / 19:30	Judo	Gimnasia rítmica	-	40

Por tanto y como indica la tabla, al día se hará 100 usos de ducha en los vestuarios. Tal y como indica el CTE se debe calcular 15l ACS/día a 60°C por uso de ducha colectiva por tanto:

$$D_v = u \cdot 15l / \text{día} = 100 \cdot 15 = 1.500l / \text{día}$$

- Para el consumo en la cocina se debe estimar según el CTE entre 5 a 10l ACS/día a 60°C por cada comida. Según lo indicado el comedor realizará dos horarios de servicio con un total de 200 comidas cada turno. Por tanto la demanda será:

$$D_c = u \cdot 7l / \text{día} = 400 \cdot 7 = 2.800l / \text{día}$$

Donde:

$D_v$  es la demanda de ACS diaria existente en los vestuarios.

$D_c$  es la demanda de ACS diaria existente en la cocina.

U es el número de unidades estimadas de consumo.



**2. Cálculos justificativos.**

Por tanto el consumo total diario a tener en cuenta debe calcularse para una temperatura de 45°C en el acumulador final, ya que se establece la temperatura de 60°C en un momento puntual del día y no como temperatura de consigna de la instalación.

$$D_i(T) = D_i(60^\circ C) \cdot \left( \frac{60 - T}{T - T_i} \right) = 4.300 \cdot \left( \frac{60 - 12,3}{45 - 12,3} \right) = 6.272,47 \text{ l / día}$$

Donde:

$D_i(T)$  es la demanda de agua caliente sanitaria a la temperatura  $T$  elegida.

$D_i(60^\circ C)$  es la demanda de agua caliente sanitaria a la temperatura de 60°C.

$T$  es la temperatura del acumulador final.

$T_i$  es la temperatura media del agua fría anual.

Por tanto la demanda total establecida de diseño será de **6.500 l/día de ACS a 45°C** lo cual hace un consumo unitario por alumno de 7,22 l/alumno.

**1.1.2.- Necesidades energéticas anuales. Hoja de carga.**

Para el cálculo de las necesidades mensuales y anuales, se tomarán los datos existentes en las tablas facilitadas en el Pliego de Condiciones del IDAE para Instalaciones de Baja Temperatura.

Para el cálculo de la demanda mensual se utilizará la siguiente expresión:

$$D_{mes} = \%O \cdot Q_{día} \cdot N \cdot (T_{ACS} - T_F) \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} (kWh / mes)$$

Donde:

$\%O$  es la ocupación mensual (se tendrá en cuenta los días lectivos de cada mes).

$Q_{día}$  es el caudal de diseño total diario estimado en el apartado 1.1.1.

$N$  es el número de día del mes.

$T_{ACS}$  es la temperatura de referencia de consumo (45°C).

$T_{AF}$  es la temperatura media de agua fría que proviene de la red para cada mes.

La Hoja de carga será por tanto:

	N	Ocupación %	$T_{AF}$ °C	$\Delta T$ °C	$D_{mes}$ kWh/mes
Enero	31	70	8	37	6053,87
Febrero	28	75	9	36	5700,24
Marzo	31	75	11	34	5960,37
Abril	30	70	13	32	5066,88
Mayo	31	75	14	31	5434,45
Junio	30	75	15	30	5089,50
Julio	31	0	16	29	0,00
Agosto	31	0	15	30	0,00
Septiembre	30	75	14	31	5259,15
Octubre	31	75	13	32	5609,76
Noviembre	30	75	11	34	5768,10
Diciembre	31	60	8	37	5189,03



## 2. Cálculos justificativos.

Por tanto si se realiza la suma correspondiente a la totalidad de la energía demandada en cada mes se obtiene un **consumo anual de 55.131,35 kWh/año**.

### 1.2.- Producción energética anual. Método f-Chart.

Para la estimación de la producción energética de una instalación de calentamiento de agua mediante energía solar se ha desarrollado métodos de cálculo simplificados, obtenidos a partir del tratamiento estadístico de los resultados obtenidos mediante entornos de simulación complejos. Uno de estos métodos es el procedimiento de las curvas  $f$  ( $f$ -Chart).

Para desarrollar este método se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, consiste en la determinación de la fracción solar anual o porcentaje de la demanda energética que es cubierta por la instalación solar, a partir de dos magnitudes adimensionales  $D_1$  y  $D_2$  de la fórmula siguiente:

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3$$

El procedimiento consta de los siguientes pasos:

- Cálculo de la radiación solar mensual incidente  $EI_{mes}$  sobre la superficie inclinada de los captadores.
- Cálculo del parámetro  $D_1$ .
- Cálculo del parámetro  $D_2$ .
- Determinación de la fracción energética mensual  $f$ , aportada por el sistema de captación solar.
- Grado de cobertura solar o fracción solar anual  $F$ .
- Determinación de la superficie de captación solar  $S_c$ .
- Cálculo de la producción solar mensual y anual.

#### 1.2.1.- Radiación solar mensual incidente sobre superficie inclinada.

Para realizar el cálculo de la producción energética de una instalación solar es preciso evaluar previamente la energía incidente sobre los captadores solares, y ésta depende del emplazamiento, de la orientación y de la inclinación del captador solar. La ecuación para su cálculo es la siguiente:

$$EI_{mes} = k_{mes} \cdot H_{día} \cdot N$$

Donde:

$EI_{mes}$  es la energía solar incidente sobre la superficie inclinada en  $kWh/m^2$  mes, datos.

$k_{mes}$  es el coeficiente función del mes, de la latitud ( $37^\circ$ ) y de la inclinación de la superficie ( $45^\circ$ ).

$H_{día}$  es la radiación solar incidente sobre una superficie horizontal en  $kWh/m^2$  día.

$N$  es el número de día del mes.

Para la estimación de la radiación inclinada para la zona donde se ubica el colegio, y ya que no se dispone de datos experimentales, se realiza una aproximación a partir de los datos de radiación solar publicados por CENSOLAR.

**2. Cálculos justificativos.**

Los valores del coeficiente  $k_{mes}$  proceden del documento *Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura* del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE).

A continuación se muestra la tabla con los valores mensuales de las diferentes variables y el resultado de la radiación solar mensual incidente sobre superficie inclinada:

Mes	$k_{mes}$	$H_{día}$ kWh/m <sup>2</sup> día	N	$EI_{mes}$ kWh/m <sup>2</sup> mes
Enero	1,37	2,81	31	119,34
Febrero	1,26	4,11	28	145,00
Marzo	1,13	4,61	31	161,49
Abril	0,99	5,67	30	168,40
Mayo	0,89	6,72	31	185,40
Junio	0,86	7,11	30	183,44
Julio	0,89	7,69	31	212,17
Agosto	1	6,53	31	202,43
Septiembre	1,17	5,17	30	181,47
Octubre	1,36	3,86	31	162,74
Noviembre	1,48	2,72	30	120,77
Diciembre	1,47	2,25	31	102,53

**1.2.2.- Cálculo del parámetro  $D_1$ .**

El parámetro  $D_1$  expresa la relación entre la energía absorbida por el captador plano  $EA_{mes}$  y la demanda energética mensual del edificio  $D_{mes}$ .

$$D_1 = \frac{EA_{mes}}{D_{mes}}$$

Donde la energía absorbida por el captador,  $EA_{mes}$ , viene dada por la siguiente expresión:

$$EA_{mes} = S_c \cdot F'_R(\tau\alpha) \cdot EI_{mes}$$

Siendo:

$EA_{mes}$  la energía solar mensual absorbida por los captadores, en kWh/mes.

$S_c$  la superficie del captador, en m<sup>2</sup>. Para el caso serán 63,84m<sup>2</sup>.

$EI_{mes}$  la energía solar incidente sobre la superficie inclinada en kWh/m<sup>2</sup> mes.

$F'_R(\tau\alpha)$  es un factor adimensional, cuya expresión es:

$$F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \left[ \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \frac{F'_R}{F_R}$$

**2. Cálculos justificativos.**

Donde:

$F_R (\tau\alpha)_n$  factor de eficiencia óptica del captador. Para el captador elegido 0,75.

$[(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n]$  modificador del ángulo de incidencia. Para captadores con una cubierta de vidrio, puede tomarse un valor de 0,96.

$F'_R / F_R$  factor de corrección del conjunto captador - intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

Mes	$D_{mes}$ kWh/mes	$EI_{mes}$ kWh/m <sup>2</sup> mes	$EA_{mes}$ kWh/mes	$D_1$
Enero	6053,87	119,34	5.202,96	0,8594
Febrero	5700,24	145,00	6.333,40	1,1111
Marzo	5960,37	161,49	7.053,34	1,1834
Abril	5066,88	168,40	7.349,08	1,4504
Mayo	5434,45	185,40	8.098,67	1,4902
Junio	5089,50	183,44	8.011,36	1,5741
Julio	0,00	212,17	9.269,96	0,0000
Agosto	0,00	202,43	8.836,41	0,0000
Septiembre	5259,15	181,47	7.918,93	1,5057
Octubre	5609,76	162,74	7.108,24	1,2671
Noviembre	5768,10	120,77	5.277,83	0,9150
Diciembre	5189,03	102,53	4.477,24	0,8628

**1.2.3.- Cálculo del parámetro  $D_2$ .**

El parámetro  $D_2$  expresa la relación entre la energía perdida por el captador  $EP_{mes}$  y la demanda energética mensual del edificio  $D_{mes}$ :

$$D_2 = \frac{EP_{mes}}{D_{mes}}$$

Las pérdidas del captador vienen dadas por la siguiente expresión:

$$EP_{mes} = S_c \cdot F'_R U_L \cdot (100 - T_{AMB}) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2$$

Siendo:

$EP_{mes}$  la energía solar mensual no aprovechada por los captadores, en kWh/mes.

$S_c$  la superficie de captación solar, en m<sup>2</sup>. Para el caso serán 63,84m<sup>2</sup>.

$F'_R U_L$  un factor que viene dado por la siguiente expresión, en kW/m<sup>2</sup> K:

$$F'_R U_L = F_R U_L \frac{F'_R}{F_R} \cdot 10^{-3}$$

Donde:

$F_R U_L$  es el coeficiente global de pérdidas del captador W/m<sup>2</sup> K. Para el captador elegido será 3,5.

$F'_R / F_R$  factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor 0,95.



## 2. Cálculos justificativos.

$T_{AMB}$  es la temperatura media mensual del ambiente en °C. Fuente CENSOLAR.  
 $\Delta t$  el periodo del tiempo considerado en horas de cada mes tomando las 24h totales.  
 $K_1$  factor de corrección por almacenamiento:

$$K_1 = \left[ \frac{V}{75 \cdot S_c} \right]^{-0,25}$$

Donde V es el volumen de acumulación solar. Para la presente instalación será 6.000L.

$K_2$  factor de corrección para ACS que relaciona las distintas temperaturas.

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18T_{AC} + 3,86T_{AF} - 2,32T_{AMB})}{(100 - T_{AMB})}$$

Siendo  $T_{AC}$  la temperatura mínima admisible del agua caliente que se establece en 45°C.

Mes	D <sub>mes</sub> kWh	T <sub>AMB</sub> °C	T <sub>AF</sub> °C	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	EP <sub>mes</sub> kWh	D <sub>2</sub>
Enero	6053,87	12	8	0,945	0,770	10.643,39	1,7581
Febrero	5700,24	12	9	0,945	0,814	10.161,18	1,7826
Marzo	5960,37	15	11	0,945	0,851	11.369,28	1,9075
Abril	5066,88	17	13	0,945	0,909	11.470,86	2,2639
Mayo	5434,45	21	14	0,945	0,886	11.001,62	2,0244
Junio	5089,50	25	15	0,945	0,861	9.822,60	1,9300
Julio	0,00	28	16	0,945	0,854	9.662,95	0,0000
Agosto	0,00	28	15	0,945	0,801	9.056,46	0,0000
Septiembre	5259,15	25	14	0,945	0,810	9.235,68	1,7561
Octubre	5609,76	20	13	0,945	0,856	10.759,65	1,9180
Noviembre	5768,10	16	11	0,945	0,834	10.649,77	1,8463
Diciembre	5189,03	12	8	0,945	0,770	10.643,39	2,0511

**1.2.4.- Determinación de la fracción energética mensual.**

Una vez determinados los valores mensuales de los parámetros  $D_1$  y  $D_2$ , se puede calcular la fracción solar mensual a partir de la siguiente expresión:

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3$$

Mes	$D_1$	$D_2$	$f$
Enero	0,8594	1,7581	0,6083
Febrero	1,1111	1,7826	0,7602
Marzo	1,1834	1,9075	0,7928
Abril	1,4504	2,2639	0,9047
Mayo	1,4902	2,0244	0,9363
Junio	1,5741	1,9300	0,9778
Julio	0,0000	0,0000	0,0000
Agosto	0,0000	0,0000	0,0000
Septiembre	1,5057	1,7561	0,9587
Octubre	1,2671	1,9180	0,8362
Noviembre	0,9150	1,8463	0,6390
Diciembre	0,8628	2,0511	0,5935

**1.2.5.- Fracción solar anual.**

La energía útil mensual  $EU_{mes}$  aportada por la instalación solar para la producción del agua caliente sanitaria del edificio viene determinada por la siguiente expresión:

$$EU_{mes} = f \cdot (1 - p_{or}) \cdot DE_{mes}$$

Siendo:

$EU_{mes}$  la energía útil mensual captada en kWh/mes.

$f$  la fracción solar mensual.

$p_{or}$  las pérdidas producidas por orientación.

$$p_{or} = 100 \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - 37)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] = 100 \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} (45 - 37)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} 0^2 \right] = 0,768\%$$

$D_{mes}$  la demanda energética en kWh/mes.



## 2. Cálculos justificativos.

Mes	$D_{mes}$ kWh	$f$	$p_{or}$ %	$EU_{mes}$ kWh
Enero	6053,87	0,6083	0,768	3654,49
Febrero	5700,24	0,7602	0,768	4299,98
Marzo	5960,37	0,7928	0,768	4689,04
Abril	5066,88	0,9047	0,768	4549,02
Mayo	5434,45	0,9363	0,768	5049,22
Junio	5089,50	0,9778	0,768	4938,30
Julio	0,00	0,0000	0,768	0,00
Agosto	0,00	0,0000	0,768	0,00
Septiembre	5259,15	0,9587	0,768	5003,40
Octubre	5609,76	0,8362	0,768	4654,79
Noviembre	5768,10	0,6390	0,768	3657,58
Diciembre	5189,03	0,5935	0,768	3056,11
<b>Total</b>				<b>43.551,93</b>

Por tanto la fracción solar anual  $F$  que la superficie de captación  $S_c$  proporciona será:

$$F\% = \frac{\sum_{mes=1}^{12} EU_{mes}}{\sum_{mes=1}^{12} D_{mes}} \cdot 100 = \frac{43.551,93}{55.131,35} \cdot 100 = 78,9\%$$

### 1.2.6.- Resumen del método f-Chart.

En resumen y gracias al método presentado anteriormente, se puede afirmar que instalando 24 captadores solares modelo 3.0 TINOX de Salvador escoda, con un área útil de 2,66 m<sup>2</sup> cada uno se puede obtener una fracción anual de 78,90%.

Según el Código Técnico de la Edificación, la instalación que nos ocupa debe responder con una contribución mínima anual de 70%, menor a la obtenida en la instalación, ya que está situada en la zona climática IV con una demanda total de ACS de 6500l/día.

El cuadro resumen del método empleado es:

<b>Demanda Anual:</b>	55.131,35 Kwh/año
<b>Producción Anual:</b>	43.551,93 Kwh/año
<b>Déficit Anual:</b>	11.579,42 Kwh/año
<b>Nº Colectores:</b>	24
<b>Superficie Colectora:</b>	63,84 m <sup>2</sup>
<b>Fracción Solar:</b>	78,90 %



### 1.3.- Situación de los captadores solares en la cubierta.

#### 1.3.1.- Cálculo de las pérdidas por orientación.

Para el cálculo de las pérdidas por orientación, ya indicado de forma genérica en el apartado 1.2.5. Fracción solar anual., se seguirá el procedimiento descrito en el Documento básico HE4 del Código Técnico de la Edificación. En este documento se establece que las pérdidas máximas permitidas de este tipo para una modalidad general serán del 10%.

Para el cálculo de las pérdidas por orientación se establece una inclinación de los captadores de  $45^\circ$ , un acimut con respecto al Sur geográfico de  $0^\circ$  y una inclinación óptima se tomará como  $37^\circ$ . Obedeciendo la ecuación proporcionada por el Código Técnico de la Edificación para estos valores, se llega a la solución correspondiente.

$$p_{or} = 100 \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - 37)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right]$$
$$100 \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} (45 - 37)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} 0^2 \right] = 0,768\%$$

Como puede observarse, las pérdidas calculadas son mucho menores que la establecidas por el Código Técnico de la Edificación.

#### 1.3.2.- Cálculo de las pérdidas por sombras.

El cálculo de las pérdidas por sombras no es aplicable ya que el colegio está ubicado en un solar amplio y no hay ningún obstáculo como edificios, torres, o algún árbol grande que pueda proyectar una sombra significativa a los captadores.

#### 1.3.3.- Cálculo de la separación entre elementos que producen sombras.

Para el cálculo de la separación entre elementos que pueden producir sombras a los colectores solares, se debe tener en cuenta la distancia entre baterías consecutivas, poyetes quitamiedos y tragaluces, chimeneas, o cualquier otro tipo de objeto que sobresalga de la superficie de la cubierta.

Para la obtención de la distancia mínima entre los captadores solares y los obstáculos se hace uso de la siguiente expresión.

$$d = \frac{L \sin(\beta)}{\tan(67 - lat)}$$

Donde:

d es la distancia mínima entre el objeto y la batería de captadores.

L es la longitud del objeto, medida en metros.

$\beta$  es la inclinación del objeto en sí.

Lat es la latitud de la localidad en la que está situada la instalación.

- Distancia entre captadores:

$$d = \frac{L \sin(\beta)}{\tan(67 - lat)} = \frac{2,3 \sin(45^\circ)}{\tan(67 - 37)} = 2,82m$$





## 2. Cálculos justificativos.

- Distancia entre la batería de captadores y el poyete quitamiedos.

$$d = \frac{L \sin(\beta)}{\tan(67 - lat)} = \frac{0,8 \sin(90^\circ)}{\tan(67 - 37)} = 1,4m$$

### 1.3.4.- Cálculo de las zapatas de sujeción de la estructura soporte.

Para el cálculo de las zapatas de hormigón de los captadores se parte de los siguientes datos:

- Velocidad de viento máxima esperada: 38m/s (975N/m<sup>2</sup>).
- Superficie del captador: 2,66 m<sup>2</sup>
- Inclinación: 45°
- Densidad hormigón: 2000kg/m<sup>3</sup>.

Para el cálculo de la fuerza que ejerce el viento sobre los captadores se utiliza la siguiente expresión:

$$f = P \cdot S \cdot n \cdot \sin \alpha$$

Donde:

$f$ : fuerza del viento (N).

$P$ : Presión del viento (N/ m<sup>2</sup>).

$S$ : Superficie del captador (m<sup>2</sup>).

$n$ : El número de captadores de la batería.

$\alpha$ : Ángulo de inclinación del captador.

Por tanto la fuerza ejercida por el viento sobre los captadores será:

$$f = 975 \cdot 2,66 \cdot 6 \cdot \sin 45^\circ = 11.003N$$

Una vez conocida la fuerza que ejerce el viento sobre el captador, se realiza el cálculo del volumen que ha de tener cada zapata de la batería de captadores:

$$V_s = \frac{f}{\delta}$$

Donde:

$V_s$ : Volumen de la zapata (m<sup>3</sup>).

$f$ : fuerza del viento ejercida sobre el captador (Kg).

$\delta$ : Densidad del hormigón (2000 Kg/m<sup>3</sup>).

Obedeciendo a esta ecuación el volumen mínimo de las zapatas será de 0,56m<sup>3</sup>. Si se escogen dos zapatas de largo 7,5m y de ancho 0,3m, la altura de éstas será de 0,25m.



## 1.4.- Cálculo del sistema de intercambio y acumulación.

### 1.4.1.- Cálculo del sistema de intercambio.

La potencia de intercambio deberá ser de al menos, 600 W por m<sup>2</sup> de captador solar:

$$P \geq 0,6 \cdot S_c$$

Siendo:

P la potencia de intercambio en kW.

Sc la superficie total de captadores instalados, en m<sup>2</sup>.

Por tanto, la potencia de intercambio del intercambiador de calor para la presente instalación debe ser como mínimo de:

$$P = 0,6 \cdot S_c = 0,6 \cdot 63,84 = 38,3 \text{ kW}$$

### 1.4.2.- Cálculo del volumen de acumulación.

En el Código Técnico de la edificación, Documento Básico HE4, se establecen dos condiciones de diseño para el volumen de acumulación de la instalación.

1. El sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador, por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda. Se establece la condición:

$$0,8 < \frac{V}{D} < 1,2$$

Siendo:

V el volumen del depósito de acumulación solar, en litros.

D la demanda de agua caliente sanitaria diaria, en litros.

2. Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Siendo:

A la suma de las áreas de los captadores, en m<sup>2</sup>;

V el volumen del depósito de acumulación solar, en litros.

Por tanto para la presente instalación la cual se ha estimado un **volumen de acumulación de 6.000 litros**:

$$0,8 < \frac{6.000}{6.500} < 1,2 \qquad 50 < \frac{6.000}{63,84} < 180$$



## 1.5.- Cálculo del circuito hidráulico.

### 1.5.1.- Cálculo del circuito primario solar.

#### 1.5.1.1.- Caudal del circuito primario.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios establece en su I.T.E. 10.1.3.2. que el caudal de circulación “estará comprendido entre 1,2 l/s y 1,6 l/s por cada 100 m<sup>2</sup> de área de captadores” lo que corresponde a 43,2 litros/h m<sup>2</sup> y 57,6 litros/h m<sup>2</sup>, respectivamente.

Obedeciendo a lo establecido por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, para el presente proyecto se establece un caudal del circuito primario de 50 litros/h por m<sup>2</sup> de captación solar, para captadores solares conectados en paralelo.

Con este caudal se asegura una correcta extracción de la energía captada y se respeta el caudal aconsejado por el fabricante. En función de éstos valores, se calcula el caudal que circula por una batería de captadores en paralelo, como la suma de los caudales que circulan por cada uno de los captadores.

$$Q = Q_u \cdot S_c \cdot N$$

Siendo:

Q caudal total del circuito primario, en litros/hora.

Q<sub>u</sub> caudal unitario del captador en litros/h m<sup>2</sup>.

S<sub>c</sub> superficie de un captador solar, en m<sup>2</sup>.

N número de captadores.

Por tanto y siguiendo lo establecido anteriormente **el caudal de diseño del circuito primario será de 3.200 litros/h m<sup>2</sup>.**

#### 1.5.1.2.- Tuberías del circuito primario.

El diámetro de las tuberías se determina en función del caudal requerido en cada tramo del circuito.

En general, el diámetro de las tuberías se elige de forma que la velocidad del fluido caloportador no supere 1,5 ó 2 m/s si discurren por locales habitados y 2,5 ó 3 m/s si discurren por el exterior o en locales no habitados.

Para un diámetro de tubería y un caudal dados, la velocidad del fluido viene dada por la siguiente expresión:

$$v = 0,354 \frac{Q}{D^2}$$

Siendo:

v la velocidad en m/s.

Q el caudal en litros/h.

D el diámetro interior de la tubería, en mm.

**2. Cálculos justificativos.**

Por tanto y siguiendo las directrices planteadas, se procede al cálculo de los diámetros de tubería según los caudales requeridos en cada tramo, donde  $D_n$  es el diámetro nominal y  $D_i$  el diámetro interior.

Denominación	Caudal Litros/h	$D_n$ mm	$D_i$ mm	$v$ m/s
Unión de las cuatro baterías.	3.200	35	33	1,04
Unión de tres baterías.	2.400	35	33	0,78
Unión de dos baterías.	1.600	28	26	0,84
Procedente de una batería.	800	22	20	0,71

**1.5.1.3.- Aislamiento de las tuberías.**

El *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* establece el grosor mínimo del aislamiento de las tuberías en función de la temperatura máxima del fluido que circula por su interior y el diámetro de la canalización.

En las Tablas 1 y 2, del Anexo I, se indican los espesores mínimos de aislamiento para tuberías, en función de la temperatura del fluido, entre 66 y 100°C para el circuito primario, y del emplazamiento: zona interior o exterior.

Por tanto los espesores de los aislamientos de la instalación serán:

Ubicación	Caudal Litros/h	$D_n$ mm	$e$ mm
Interior	3.200	35	30
Exterior	3.200	35	40
Exterior	1.600	28	30
Exterior	800	22	30

**1.5.1.4.- Cálculo de la pérdida de carga del circuito primario solar.**

En el dimensionado de las tuberías se debe tener en cuenta que la circulación del fluido por el interior de un conducto produce unas pérdidas de presión por rozamiento que dependen del diámetro de la tubería, de su rugosidad, de las características del fluido y de su velocidad.

La siguiente expresión proporciona las pérdidas de carga en tuberías de forma empírica y se obtiene a partir de la fórmula de *Flamant* y es aplicable para tuberías de paredes lisas de cobre, por las que circula agua caliente sin aditivos.

$$Pdc_u = 378 \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Siendo:

$Pdc_u$  la pérdida de carga unitaria en mm de columna de agua por metro lineal.

$Q$  el caudal de circulación por la tubería, en litros/h.

$D$  el diámetro interior de la tubería, en mm.

$L$  la longitud del tramo de tubería, en m.



## 2. Cálculos justificativos.

Las pérdidas de carga lineales admisibles en tuberías de cobre se establecen entre 10 y 40 mm.c.a. por metro lineal de tubería, cuando el fluido que circula es agua sin aditivos.

Además de las pérdidas de carga lineales producidas por los tramos rectos de tuberías, deben calcularse las pérdidas de carga singulares, debidas a cambios de dirección, derivaciones o elementos hidráulicos existentes en la canalización. Por tanto la pérdida de carga total producida en el circuito hidráulico será la suma de estas dos magnitudes.

A continuación se muestra la tabla donde se representan los distintos tramos del conducto más desfavorable y sus respectivas pérdidas de carga. En la tabla 3 del Anexo I, se indican las pérdidas unitarias en metros equivalentes de las singularidades de los distintos tramos.

Tramo	Q Litros/h	Pdc <sub>u</sub> mm.c.a./m	L m	L <sub>eq</sub> m	L <sub>tot</sub> m	PdC m.c.a.
A-B	3.200	31,52	17,06	8,4	25,46	0,80
B-C	1.600	29,08	18,16	1,32	19,48	0,57
C-E	800	30,06	7,91	2,4	10,31	0,31
I-J	3.200	31,52	11,6	6,95	18,55	0,58
J-K	2.400	19,05	3,97	0,36	4,33	0,08
K-L	1.600	29,08	10,64	0,24	10,88	0,32
L-O	800	30,06	3,5	4,6	8,1	0,24

Por tanto la pérdida de carga global del circuito primario solar será de 2,91m.c.a., con unas pérdidas de carga lineales de 39,89mm.c.a., valor que se sitúa dentro de los márgenes establecidos.

### 1.5.1.5.- Elección de la bomba del circuito primario solar.

El funcionamiento de una bomba de circulación viene determinado por su curva característica, que representa la relación entre la altura manométrica H que proporciona la bomba y el caudal de circulación Q.

La altura manométrica H de la bomba en el punto de trabajo debe compensar la suma de las pérdidas de carga del circuito primario de captación y la diferencia de cotas entre el punto más bajo y más alto del circuito.

- Las pérdidas de carga del tramo más desfavorable de tuberías.  
Como se vio en el anterior apartado, estas pérdidas se traducen en un total de 2,91 m.c.a.
- La pérdida de carga producida por el intercambiador de calor.  
Según el fabricante, las pérdidas de carga producidas en el intercambiador de calor en el circuito primario son de 2,06 m.c.a.
- La pérdida de carga de los captadores solares.  
Estas pérdidas son tan pequeñas que se despreciarán, del orden del 1,5% de las pérdidas de carga totales.

**2. Cálculos justificativos.**

- Altura geométrica.

La bomba también deberá elevar el agua hacia la cubierta del edificio desde el primer piso, esta altura se estima en 5 metros.

Por tanto la bomba del circuito primario solar deberá proporcionar una **altura manométrica de 10,06 m.c.a. con un caudal de 3.200 litros/h.**

**1.5.1.6.- Cálculo del vaso de expansión.**

La determinación del tamaño del vaso de expansión cerrado se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$V_{\text{vaso}} = V \cdot \varepsilon \cdot \frac{P_f}{P_f - P_i}$$

Donde:

$V_{\text{vaso}}$  es el volumen del vaso de expansión, en litros.

$V$  es la cantidad de fluido caloportador en el circuito primario, en litros.

$\varepsilon$  es el incremento del volumen del fluido caloportador para agua será de 0,043.

$P_f$  es la presión absoluta final del vaso de expansión, calibrado en 4,5 kg/cm<sup>2</sup>.

$P_i$  es la presión absoluta inicial del vaso de expansión, calibrado en 2,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Para obtener el volumen de fluido contenido por las tuberías, se deberá calcular el volumen unitario de cada tubería según su diámetro, en milímetros, como un cilindro de un metro de largo.

$$V_{\text{ut}} = \pi \frac{D_i^2}{4} \cdot 10^3 (\text{litros} / \text{m})$$

Por tanto:

$D_i$ mm	$V_{\text{ut}}$ Litros/m	$L$ m	$V_{\text{tub}}$ litros
33	0,855	32,63	27,90
26	0,531	39,80	21,13
20	0,314	35,11	11,02
TOTAL			60,05 L

El volumen contenido en los captadores se hallará multiplicando el número de captadores por la capacidad de cada uno, suministrada por el fabricante e igual a 1,67 litros/unidad, esto resulta un volumen total contenido en los captadores de 40,08 litros.

El volumen de fluido contenido en el intercambiador de calor suministrado por el fabricante es igual a 3,22 litros.

Por tanto el volumen mínimo del vaso de expansión deberá ser:

$$V_{\text{vaso}} = V_{\text{tot}} \cdot \varepsilon \cdot \frac{P_f}{P_f - P_i} = 103,35 \cdot 0,043 \cdot \frac{4,5}{4,5 - 2,5} = 9,99 \text{ l}$$



## 2. Cálculos justificativos.

### 1.5.2.- Cálculo del circuito secundario.

#### 1.5.2.1.- Caudal del circuito secundario.

Por el lado secundario del intercambiador circulará el agua de consumo. El *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* establece que el caudal del circuito secundario debe tener un valor similar al del primario, sin que la diferencia sea inferior a un 10%.

Por tanto para la instalación a dimensionar se establece un **caudal del circuito secundario de 3.200 litros/h.**

#### 1.5.2.2.- Tuberías del circuito secundario.

En general, este circuito no tiene derivaciones. El cálculo del diámetro de la tubería se efectúa del mismo modo que en el caso de las tuberías del circuito primario solar (ver apartado 1.5.1.2), pero teniendo en cuenta las características del fluido y el caudal de circulación.

Se deberá tener en consideración que la velocidad del fluido secundario no supere 1,5 ó 2 m/s ya que las tuberías de este circuito discurren por locales habitados.

Por tanto y tal y como se hizo para el circuito primario:

Denominación	Caudal Litros/h	D <sub>n</sub> mm	D <sub>i</sub> mm	v m/s
Circuito secundario.	3.200	35	33	1,04

#### 1.5.2.3.- Aislamiento del circuito secundario.

Las tuberías del circuito secundario deberán estar también aisladas. En el caso del circuito secundario la temperatura del agua será inferior a 66°C, por lo que los espesores mínimos de referencia del aislamiento, de acuerdo con lo exigido por el *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*, serán los indicados para dicha temperatura en la Tabla 1 del Anexo I ya que las tuberías del circuito discurren por el interior del edificio.

Por tanto:

Ubicación	Caudal Litros/h	D <sub>n</sub> mm	e mm
Interior	3.200	35	20

#### 1.5.2.4.- Cálculo de la pérdida de carga del circuito secundario.

Tal y como se estableció en el apartado 1.5.1.4. Cálculo de la pérdida de carga del circuito primario solar, se deben tener en cuenta tanto las pérdidas lineales producidas por el conducto de cobre como las pérdidas de carga singulares, debidas a cambios de dirección, derivaciones o elementos hidráulicos existentes en la canalización.

Estas pérdidas están reflejadas en la tabla 3 del Anexo I.



## 2. Cálculos justificativos.

Por tanto y procediendo al cálculo según lo indicado en el apartado 1.5.1.4.

Tramo	Q Litros/h	Pdc <sub>u</sub> mm.c.a./m	L m	L <sub>eq</sub> m	L <sub>tot</sub> m	PdC m.c.a.
único	3.200	31,52	6,50	8,32	14,82	0,47

Por tanto la pérdida de carga global del circuito secundario será de 0,47 m.c.a.

### 1.5.2.5.- Elección de la bomba del circuito secundario.

Como ya se vio en el apartado 1.5.1.5. el funcionamiento de una bomba viene determinado por su curva característica, que representa la relación entre la altura manométrica H que proporciona la bomba y el caudal de circulación Q.

La altura manométrica H de la bomba en el punto de trabajo debe compensar la suma de las pérdidas de carga del circuito primario de captación y la diferencia de cotas entre el punto más bajo y más alto del circuito, para el caso, esta diferencia de cotas se traduce a la altura del acumulador solar. El procedimiento es el siguiente:

- Las pérdidas de carga lineal del circuito hidráulico.  
Estas pérdidas se traducen en un total de 0,47 m.c.a.
- La pérdida de carga producida por el intercambiador de calor.  
Según el fabricante, las pérdidas de carga producidas en el intercambiador de calor en el circuito secundario son de 2,08 m.c.a.
- Altura geométrica.

La altura geométrica para este circuito se reduce a la altura del depósito acumulador, se tomará como 1,5 metros.

Por tanto la bomba del circuito secundario deberá proporcionar una **altura manométrica de 4,05 m.c.a. con un caudal de 3.200 litros/h.**

### 1.5.3.- Cálculo del subsistema de distribución.

#### 1.5.3.1.- Dimensionado de tuberías de distribución de agua precalentada.

La selección del diámetro de las tuberías del circuito de distribución de agua precalentada debe realizarse a partir del consumo puntual esperado de agua caliente.

El consumo instantáneo de agua caliente para el colegio no es igual a la suma de los consumos máximos, ya que el consumo en cocina está establecido a una hora diferente al de los vestuarios.

Por este motivo, ante todo se debe calcular el consumo instantáneo máximo esperado, estableciendo los siguientes valores:

- Para una ducha: 0,1 l/s
- Para una cocina: 0,15 l/s





## 2. Cálculos justificativos.

El consumo instantáneo en litros por hora de cada una de las demandas será:

Para las duchas:  $0,1(l/s) \cdot 3.600(s/h) \cdot 16(duchas) = 5.760$  litros/h.

Para la cocina:  $0,15(l/s) \cdot 3.600(s/h) \cdot 8(usos) = 4.230$  litros/h.

Por lo que se tomará como caudal máximo total, un valor de 5.760 litros/h y un caudal nominal para cada ducha de 360 litros/h.

El diámetro de las tuberías de distribución se elegirá de manera que la velocidad del agua esté comprendida entre 0,5 y 2 m/s.

La determinación de la velocidad del fluido, conocido el caudal y el diámetro se realiza a partir de la expresión siguiente.

$$v = 0,354 \frac{Q}{D^2}$$

Siendo:

v la velocidad en m/s.

Q el caudal en litros/h.

D el diámetro interior de la tubería, en mm.

Por tanto y siguiendo las directrices planteadas, se procede al cálculo de los diámetros de tubería según los caudales requeridos en cada tramo, donde  $D_n$  es el diámetro nominal y  $D_i$  el diámetro interior.

Denominación	Caudal Litros/h	$D_n$ mm	$D_i$ mm	v m/s
Distribución global.	5760	35	33	1,87
Circuito cocina.	4300	35	33	1,40
Circuito global vestuarios.	5760	35	33	1,87
Circuito ocho duchas.	2880	28	26	1,51
Tramo cinco duchas.	1800	22	20	1,59
Tramo cuatro duchas.	1440	22	20	1,27
Tramo tres duchas.	1080	18	16	1,49
Tramo dos duchas.	720	18	16	1,00
Tramo una ducha.	360	18	16	0,50



### 1.5.3.2.- Selección de la bomba de recirculación y de la tubería de retorno.

El caudal de recirculación debe ser tal que la energía aportada al circuito de distribución sea suficiente para compensar las pérdidas energéticas del mismo. Para el cálculo del caudal de recirculación, teniendo en cuenta los valores de las pérdidas de energía en tuberías aisladas que aparecen en la tabla 4 del Anexo I, se utilizará la siguiente expresión.

$$Q = \sum \frac{L_i \cdot P_i}{1,16 \cdot \Delta T}$$

Siendo:

Q el caudal de recirculación, en litros/h.

Li la longitud del tramo i, en metros.

Pi las pérdidas de las tuberías en el tramo i, en W/m.

$\Delta T$  la pérdida de temperatura admisible, aceptando un valor de 3°C.

Dado que existen solo dos diámetros diferentes en el circuito de distribución, 35mm para el circuito de distribución y 15mm para el circuito de retorno, el cálculo de la pérdida energética total en el circuito será.

$$Q = \frac{L_{dis} \cdot P_{dis} + L_{re} \cdot P_{re}}{1,16 \cdot \Delta T} = \frac{61 \cdot 11,4 + 49 \cdot 6,8}{1,16 \cdot 3} = 295,57 \text{ litros / h}$$

Por tanto, escogiendo un caudal de recirculación de 300 litros/h y una tubería de retorno de 15mm de diámetro, la velocidad en su interior será de 0,63m/s, valor comprendido dentro de los márgenes establecidos.

Para el cálculo de las pérdidas de carga basta tener en cuenta el tramo de la tubería de retorno, ya que la pérdida de carga en las tuberías de distribución de agua puede considerarse despreciable para los caudales de recirculación.

Siguiendo los criterios de cálculo para las pérdidas de carga en tuberías tal y como se ha ido haciendo en los apartados anteriores, la pérdida de carga se estima en 2,56 m.c.a. para un caudal de 300 litros/h.

Así pues la bomba del circuito de recirculación deberá proporcionar una **altura manométrica de 2,56 m.c.a. con un caudal de 300 litros/h.**

### 1.6.- Cálculo del subsistema de apoyo.

Tal y como se indicó en la memoria técnica del presente proyecto, la potencia de la caldera de apoyo debe elegirse del mismo modo que si la vivienda no dispusiera de una instalación solar, ya que el equipo ha de ser capaz de cubrir la totalidad de la demanda en días en los que la captación solar sea nula.

La potencia mínima de la caldera para satisfacer la demanda de agua caliente debe calcularse con la siguiente expresión.

$$P = \frac{V \cdot (T_{pr} - T_{AF})}{t} \cdot 1,163 \cdot 10^{-3}$$



## 2. Cálculos justificativos.

Siendo:

P la potencia de la caldera en kW.

V el volumen del depósito final, en litros.

T<sub>pr</sub> la temperatura de preparación máxima, en este caso será de 50°C.

T<sub>AF</sub> la temperatura de agua fría mínima del año de la red, 8°C.

t la fracción de tiempo de preparación del agua caliente.

El método para el cálculo de los diferentes factores de los que depende la potencia de la caldera y por tanto el cálculo de la potencia de la caldera en sí es el siguiente:

- Estimación del caudal simultáneo.

El uso de las instalaciones por los alumnos en cada turno (véase el apartado 1.1.1.) no es simultáneo y por ello se establece un factor de simultaneidad de 0,3. Considerando una demanda de 6 litros/min por uso, el caudal simultáneo por uso será:

$$q = 6(\text{litros} / \text{min}) \cdot 0,3 = 1,8 \text{ litros} / \text{min}$$

- Estimación del consumo.

El volumen del acumulador final debe estar dimensionado para ser capaz de responder al consumo de al menos un turno completo, esto quiere decir que debe contener el volumen a utilizar por cuarenta alumnos. Si se estima que el tiempo de cada uso será de unos diez minutos, el volumen mínimo del acumulador final será:

$$V = 40(\text{alumnos}) \cdot 1,8(\text{litros} / \text{min}) \cdot 10(\text{min} / \text{ducha}) = 720 \text{ litros}$$

El volumen del acumulador final elegido será de 1000 litros.

- Estimación del tiempo de preparación.

El tiempo de preparación más desfavorable del agua caliente será el tiempo que transcurra desde el último uso de un turno hasta el primer uso del turno siguiente, se plantea que todos los alumnos de un turno se ducharan en media hora, por tanto el tiempo de preparación será también de treinta minutos, lo que es lo mismo 0,5 horas.

- Cálculo de la potencia de la caldera.

Utilizando la ecuación expuesta al comienzo de este punto y teniendo en cuenta los valores calculados anteriormente, la potencia de la caldera deberá ser como mínimo:

$$P = \frac{1000 \cdot (50 - 8)}{0,5} \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} = 97,70 \text{ kW}$$



## 2.- Instalación solar fotovoltaica.

---

### 2.1.- Tensión nominal y caída de tensión máxima admisible.

El suministro de energía generada a red se realizará en trifásica, con una tensión y frecuencia de 400V y 50Hz respectivamente, con las tolerancias que fija el Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, “Sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión”, para no introducir interferencias en la Red pública de distribución.

Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de corriente continua deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior de 1,5% y los de la parte de corriente alterna para que la caída de tensión sea inferior del 2%, teniendo en cuenta en ambos casos como referencia las correspondientes a cajas de conexiones; como recomienda “El pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red”.

### 2.2.- Potencia total instalada.

La potencia total instalada de la instalación fotovoltaica es de 65 kW, repartida en 3 inversores de 15 kW y uno de 20 kW. La instalación se caracteriza por poseer una potencia pico de 66,64 kWp producida por 238 módulos de 280 W cada uno. El ratio de la potencia de la generación fotovoltaica y la potencia de los inversores es de 1,025.

### 2.3.- Configuración eléctrica de los módulos.

#### 2.3.1.- Conexión eléctrica entre módulos.

Los niveles de tensión e intensidad procedentes del campo de generación, deben estar dentro del rango del punto de máximo rendimiento del inversor, como se verá en el siguiente apartado.

Para conseguir una tensión y una corriente adecuadas, se deben disponer los módulos en serie paralelo, produciendo el mismo voltaje en cada línea. Según el fabricante, la tensión y corriente características en el punto de potencia máxima son,  $V_{mp}$  35,2 V e  $I_{mp}$  7,95 A.

Para cumplir con el rango adecuado en la zona G1 se dispondrá de cinco strings conectados en paralelo formados por catorce módulos conectados en serie. Por tanto:

$$V_{mp} = 35,2 \cdot 14 = 492,8V$$

$$I_{mp} = 7,95 \cdot 5 = 39,75A$$

Para cumplir con el rango adecuado en las zonas G2, G3 y G4 se dispondrá de cuatro strings conectados en paralelo formados por catorce módulos conectados en serie. Por tanto:

$$V_{mp} = 35,2 \cdot 14 = 492,8V$$

$$I_{mp} = 7,95 \cdot 4 = 31,80A$$



### 2.3.2.- Diseño óptimo del string.

Para un diseño óptimo del generador fotovoltaico, no se pueden limitar los cálculos a considerar sólo las condiciones estándar de funcionamiento, sino que se deben incluir las condiciones de funcionamiento más desfavorables que pueden darse en la vida útil del inversor.

#### Condiciones estándar:

- La tensión del string, que se produce bajo 1000 W/mm<sup>2</sup> y una temperatura de la célula de 25°C ( $14 \times 35,2 \text{ V}_{\text{mpp}} = 492,8 \text{ V}$ ), debe estar dentro del margen de tensión de entrada del inversor, que estará establecido entre 405 V y 750 V para que pueda trabajar, en punto de funcionamiento de máximo rendimiento (MPP).

#### Condiciones desfavorables:

- La tensión mínima del string, que se produce bajo 1000 W/mm<sup>2</sup> y una temperatura de la célula de 60°C ( $8 \times 29,77 \text{ V}_{\text{mpp } 60^\circ\text{C}} = 416,85 \text{ V}$ ), debe ser superior a la tensión de entrada mínima del inversor (405 V).

$$405 \text{ V} \leq 416,85 \text{ V}$$

- La tensión máxima en vacío del string, que se produce con 1000 W/ m<sup>2</sup> y una temperatura mínima de la célula de -10°C ( $8 \times 50,22 \text{ V}_{\text{oc } -10^\circ\text{C}} = 703,15 \text{ V}$ ), debe ser inferior a la tensión de entrada máxima del inversor (750 V).

$$750 \text{ V} \geq 703,15 \text{ V}$$

### 2.4.- Cálculo de las secciones y las caídas de tensión.

#### 2.4.1.- Fórmulas utilizadas.

- Cálculo de intensidades.
  - Sistema de corriente continua.

$$I = \frac{\sum P_i}{V}$$

- Sistema de corriente alterna trifásica.

$$I = \frac{\sum P_i}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$$

Siendo:

P la potencia activa, en vatios.

I la corriente, en amperios.

V la tensión, en voltios.

Cosφ el factor de potencia.



## 2. Cálculos justificativos.

- Cálculo de sección y caída de tensión.

- Sistema de corriente continua.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e}; \quad e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S}$$

- Sistema de corriente alterna trifásica.

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot e}; \quad e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot S}$$

Siendo:

S la sección del conductor, en mm<sup>2</sup>.

I la intensidad, en amperios.

Cosφ el factor de potencia.

e la caída de tensión, en voltios.

L la longitud del conductor, en metros.

ρ la conductividad del metal, en m/Ω.

### 2.4.2.- Procedimiento del cálculo.

El cálculo de la caída de tensión máxima de las líneas se hace en este punto para poder estimar las pérdidas eléctricas, necesarias para el cálculo del performance ratio, incluido en el punto 2.6. Balance energético. El resto de cálculos eléctricos se hará posteriormente.

Tal y como indica el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, la sección de los conductores deberá calcularse según la caída de tensión estipulada, ver punto 2.1., y su validez por calentamiento, es decir, por la intensidad que es capaz de pasar por el mismo sin deteriorar sus elementos.

De tal manera que utilizando las expresiones descritas en el apartado anterior y consultando la tabla 19.2. Intensidades admisibles al aire, según el ITC 19 y la tabla 7.5 Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada, de ITC 07, ambas pertenecientes al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e incluidas en las tablas 5 y 6 del Anexo I del presente documento.

La intensidad admisible del conductor deberá ser superior a la intensidad máxima de funcionamiento de la línea a estudiar, la cual debe ser el 125% de la intensidad de máxima potencia.

En el Anexo II del presente documento se representa la hoja resumen del cálculo eléctrico de los circuitos que componen el sistema.

### 2.4.3.- Cálculo eléctrico de la línea de corriente continua.

Para el cálculo en la parte de corriente continua, se repartirá la caída de tensión convenientemente para que la instalación resulte homogénea y económica. A los circuitos que unen cada generador con la caja de conexión parcial se le concederá una caída de tensión para el cálculo del 0,6% y a la parte de conexión a los inversores del 0,9%, obteniendo así un total en el circuito de 1,5% de la tensión, tal y como establece el reglamento.



### 2.4.3.1.- Circuitos del inversor 1.

#### Líneas recolectoras.

- Línea 1G1.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 41,25 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 3,96 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 41,25 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,5941\%$$

- Línea 2G1.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 38,64 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 3,71 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 38,64 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,5565\%$$

- Línea 3G1.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 25,06 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 2,41 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 25,06 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,3610\%$$

- Línea 4G1.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 16,36 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 1,57 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 16,36 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,2356\%$$



## 2. Cálculos justificativos.

### - Línea 5G1.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 16,36 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 1,57 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 16,36 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,2356\%$$

### Línea de Transporte.

### - Línea LG1.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 41,27 \cdot 39,75}{56 \cdot (0,9 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 13,21 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 16mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 91 \text{ A} > 39,75 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 41,27 \cdot 39,75}{56 \cdot 16 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,7430\%$$

La caída de tensión más desfavorable del circuito del inversor 1 será la suma de las caídas de tensión provocadas por los circuitos 1G1 y LG1. Por tanto  $\Delta V_1\% = 1,337\%$ .

### 2.4.3.2.- Circuitos del inversor 2.

#### Líneas recolectoras.

### - Línea 1G2.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 25,03 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 2,4 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 25,3 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,3605\%$$

### - Línea 2G2.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 17,05 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 1,64 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$





## 2. Cálculos justificativos.

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 17,05 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,2456\%$$

### - Línea 3G2.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 15,87 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 1,52 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 15,85 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,2285\%$$

### - Línea 4G2.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 5,23 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 0,5 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 5,23 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,0753\%$$

## Línea de Transporte.

### - Línea LG2.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 15,37 \cdot 31,8}{56 \cdot (0,9 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 3,94 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 16mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 91 \text{ A} > 31,8 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 15,37 \cdot 31,8}{56 \cdot 16 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,2213\%$$

La caída de tensión más desfavorable del circuito del inversor 2 será la suma de las caídas de tensión provocadas por los circuitos 1G2 y LG2. Por tanto  $\Delta V_2\% = 0,5818\%$ .



### 2.4.3.3.- Circuitos del inversor 3.

#### Líneas recolectoras.

- Línea 1G3.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 19,88 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 1,91 mm^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{adm} = 38 A > 7,95 \cdot 1,25 A$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 19,88 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,2863\%$$

- Línea 2G3.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 11 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 1,06 mm^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{adm} = 38 A > 7,95 \cdot 1,25 A$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 11 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,1584\%$$

- Línea 3G3.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 6,14 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 0,59 mm^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{adm} = 38 A > 7,95 \cdot 1,25 A$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 6,14 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,0884\%$$

- Línea 4G3.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 3,5 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 0,34 mm^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{adm} = 38 A > 7,95 \cdot 1,25 A$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 3,5 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,0504\%$$

**2. Cálculos justificativos.****Línea de Transporte.****- Línea LG3.**

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 48,36 \cdot 31,8}{56 \cdot (0,9 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 12,38 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 16mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 91 \text{ A} > 31,8 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 48,35 \cdot 31,8}{56 \cdot 16 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,6965\%$$

La caída de tensión más desfavorable del circuito del inversor 3 será la suma de las caídas de tensión provocadas por los circuitos 1G3 y LG3. Por tanto  $\Delta V_3\% = 0,9828\%$ .

**2.4.3.4.- Circuitos del inversor 4.****Líneas recolectoras.****- Línea 1G4.**

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 23,41 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 2,25 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 23,41 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,3372\%$$

**- Línea 2G4.**

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 11 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 1,06 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 11 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,1584\%$$

**- Línea 3G4.**

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 6,14 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 0,59 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$



## 2. Cálculos justificativos.

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 6,14 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,0884\%$$

### - Línea 4G4.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 3,5 \cdot 7,95}{56 \cdot (0,6 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 0,34 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 4mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 38 \text{ A} > 7,95 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 3,5 \cdot 7,95}{56 \cdot 4 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,0504\%$$

### Línea de Transporte.

### - Línea LG4.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot e} = \frac{2 \cdot 52 \cdot 31,8}{56 \cdot (0,9 \cdot 492,8)} \cdot 100 = 13,32 \text{ mm}^2$$

Conductor unipolar XLPE de 16mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{\text{adm}} = 91 \text{ A} > 31,8 \cdot 1,25 \text{ A}$$

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot S} = \frac{2 \cdot 52 \cdot 31,8}{56 \cdot 16 \cdot 492,8} \cdot 100 = 0,749\%$$

La caída de tensión más desfavorable del circuito del inversor 1 será la suma de las caídas de tensión provocadas por los circuitos 1G4 y LG4. Por tanto  $\Delta V_4\% = 1,0862\%$ .

La caída de tensión más desfavorable del circuito de corriente continua será igual a la más desfavorable de los circuitos anteriores, por tanto  $\Delta V.\% = \Delta V_1\% = 1,337\%$ .

### 2.4.4.- Cálculo eléctrico de las líneas de corriente alterna.

Para el cálculo en la parte de corriente alterna, se repartirá la caída de tensión convenientemente para que la instalación resulte homogénea y económica. A los circuitos que unen cada inversor con el cuadro general de distribución se les concederá una caída de tensión para el cálculo del 0,5% y a la línea de distribución individual del 1,5%, obteniendo así un total en el circuito de 2% de la tensión, tal y como establece el reglamento.



## 2. Cálculos justificativos.

### Líneas recolectoras.

- Línea LI1. Salida del inversor 1.

$$I = \frac{\sum_n P_i}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 29,46 A$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot e} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 28,87 \cdot 0,98}{56 \cdot (0,5 \cdot 400)} \cdot 100 = 0,89 mm^2$$

Conductor unipolar XLPE de 10mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{adm} = 60 A > 29,46 \cdot 1,25 A$$

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 29,46 \cdot 0,98}{56 \cdot 400 \cdot 10} \cdot 100 = 0,0446\%$$

- Línea LI2. Salida del inversor 2.

$$I = \frac{\sum_n P_i}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{15.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 22,09 A$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot e} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 22,09 \cdot 0,98}{56 \cdot (0,5 \cdot 400)} \cdot 100 = 0,67 mm^2$$

Conductor unipolar XLPE de 10mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{adm} = 60 A > 22,09 \cdot 1,25 A$$

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 22,09 \cdot 0,98}{56 \cdot 400 \cdot 10} \cdot 100 = 0,0334\%$$

- Línea LI3. Salida del inversor 3.

$$I = \frac{\sum_n P_i}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{15.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 22,09 A$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot e} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 22,09 \cdot 0,98}{56 \cdot (0,5 \cdot 400)} \cdot 100 = 0,67 mm^2$$

Conductor unipolar XLPE de 10mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{adm} = 60 A > 22,09 \cdot 1,25 A$$

**2. Cálculos justificativos.**

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 22,09 \cdot 0,98}{56 \cdot 400 \cdot 10} \cdot 100 = 0,0334\%$$

**- Línea LI4. Salida del inversor 4.**

$$I = \frac{\sum_n P_i}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{15.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 22,09 A$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot e} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 22,09 \cdot 0,98}{56 \cdot (0,5 \cdot 400)} \cdot 100 = 0,67 mm^2$$

Conductor unipolar XLPE de 10mm<sup>2</sup> en tubo en montaje superficial o empotrado:

$$I_{adm} = 60 A > 22,09 \cdot 1,25 A$$

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 22,09 \cdot 0,98}{56 \cdot 400 \cdot 10} \cdot 100 = 0,0334\%$$

**Línea de distribución individual. LDI.**

$$I = \frac{\sum_n P_i}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{65.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 95,73 A$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot e} = \frac{\sqrt{3} \cdot 53,86 \cdot 95,73 \cdot 0,98}{56 \cdot (1,5 \cdot 400)} \cdot 100 = 26,05 mm^2$$

Conductor unipolar XLPE de 35mm<sup>2</sup> enterrado bajo tubo, temperatura del terreno 25°C, Resistividad térmica 1K·m/W, y profundidad de la zanja de 0,7m:

$$I_{adm} = 190 \cdot 0,8 A > 95,73 \cdot 1,25 A$$

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\rho \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 53,86 \cdot 95,73 \cdot 0,98}{56 \cdot 400 \cdot 35} \cdot 100 = 1,1163\%$$

La caída de tensión más desfavorable del circuito de corriente alterna será la suma de las caídas de tensión provocadas por LI1 y LDI. Por tanto  $\Delta V_{\sim} \% = 1,16\%$ .

**2.5.- Situación de los módulos fotovoltaicos en la cubierta.****2.5.1.- Cálculo de las pérdidas por orientación.**

Para el cálculo de las pérdidas por orientación, se seguirá el procedimiento descrito en el Documento básico HE4 del Código Técnico de la Edificación. En este documento se establece que las pérdidas máximas permitidas de este tipo para una modalidad general serán del 10%.



## 2. Cálculos justificativos.

Para el cálculo de las pérdidas por orientación se establece una inclinación de los módulos de  $30^\circ$ , un acimut con respecto al Sur geográfico de  $0^\circ$  y la inclinación óptima se tomará como  $37^\circ$ . Obedeciendo la ecuación proporcionada por el Código Técnico de la Edificación para estos valores, se llega a la solución correspondiente.

$$p_{or} = 100 \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - 37)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right]$$

$$100 \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} (30 - 37)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} 0^2 \right] = 0,588\%$$

Como puede observarse, las pérdidas calculadas son mucho menores que la establecidas por el Código Técnico de la Edificación.

### 2.5.2.- Cálculo de las pérdidas por sombras.

El cálculo de las pérdidas por sombras no es aplicable ya que el colegio está ubicado en un solar amplio y no hay ningún obstáculo como edificios, torres, o algún árbol grande que pueda proyectar una sombra significativa a los módulos.

### 2.5.3.- Cálculo de la separación entre elementos que producen sombras.

Para el cálculo de la separación entre elementos que pueden producir sombras a los módulos fotovoltaicos, se debe tener en cuenta la distancia entre baterías consecutivas, poyetes quitamiedos y tragaluces, chimeneas, o cualquier otro tipo de objeto que sobresalga de la superficie de la cubierta.

Para la obtención de la distancia mínima entre los captadores solares y los obstáculos se hace uso de la siguiente expresión.

$$d = \frac{L \sin(\beta) - y}{\tan(67 - \text{lat})}$$

Donde:

d es la distancia mínima entre el objeto y la batería de captadores.

L es la longitud del objeto, medida en metros.

$\beta$  es la inclinación del objeto en sí.

Y es la diferencia de cotas entre paneles consecutivos, en caso de que la haya.

Lat es la latitud de la localidad en la que está situada la instalación.

Puesto que la distribución de los generadores fotovoltaicos es irregular y no todos tienen el mismo número de módulos y por tanto la misma altura, se especifica a continuación las distancias a tener en cuenta según las distintas configuraciones.

- Distancia a salvar para el generador de 2 x 8 ubicado en la zona G2:

$$d = \frac{L \sin(\beta)}{\tan(67 - \text{lat})} = \frac{3,921 \sin(30^\circ) - 0}{\tan(67 - 37)} = 3,39m$$

- Distancia a salvar entre los generadores de 2 x 4 y 2 x 2 ubicados en las zonas G3 y G4.

$$d = \frac{L \sin(\beta)}{\tan(67 - \text{lat})} = \frac{1,984 \sin(30^\circ) - 0,25}{\tan(67 - 37)} = 1,28m$$



## 2. Cálculos justificativos.

- Distancia entre el generador fotovoltaico y el poyete quitamiedos.

$$d = \frac{L \sin(\beta)}{\tan(67 - lat)} = \frac{0,8 \sin(90^\circ)}{\tan(67 - 37)} = 1,4m$$

### 2.5.4.- Cálculo de las zapatas de sujeción de las estructuras soporte.

Para el cálculo de las zapatas de hormigón para la estructura soporte de los generadores fotovoltaicos se procederá de la misma forma que en apartado 1.3.4.

Puesto que como se ha indicado varias veces la distribución de los módulos en los generadores no es uniforme, se debe hacer un estudio particular para cada una de las configuraciones, por tanto y procediendo según lo indicado hasta ahora y según los siguientes datos:

- Velocidad de viento máxima esperada: 38m/s (975N/m<sup>2</sup>).
- Superficie de cada módulo: 1,94 m<sup>2</sup>
- Inclinación: 30°
- Densidad hormigón: 2000kg/m<sup>3</sup>.

- Generador de 5 x 5 de la zona G1.

$$f = 975 \cdot 1,94 \cdot 25 \cdot \sin 30^\circ = 23.643,75N$$

$$V_s = \frac{f}{\delta} = \frac{23.643,75}{9,81 \cdot 2000} = 1,2m^3$$

Por tanto las dimensiones de las zapatas serán de 9,8 x 0,35 x 0,35 metros.

- Generador de 5 x 4 de la zona G1.

$$f = 975 \cdot 1,94 \cdot 20 \cdot \sin 30^\circ = 18.915N$$

$$V_s = \frac{f}{\delta} = \frac{18.915}{9,81 \cdot 2000} = 0,964m^3$$

Por tanto las dimensiones de las zapatas serán de 7,9 x 0,35 x 0,35 metros.

- Generador de 5 x 8 de la zona G2.

$$f = 975 \cdot 1,94 \cdot 40 \cdot \sin 30^\circ = 37.830N$$

$$V_s = \frac{f}{\delta} = \frac{37.830}{9,81 \cdot 2000} = 1,92m^3$$

Por tanto las dimensiones de las zapatas serán de 15,7 x 0,35 x 0,35 metros.

- Generador de 2 x 8 de la zona G2.

$$f = 975 \cdot 1,94 \cdot 16 \cdot \sin 30^\circ = 15.132N$$

$$V_s = \frac{f}{\delta} = \frac{15.132}{9,81 \cdot 2000} = 0,77m^3$$

Por tanto las dimensiones de las zapatas serán de 8 x 0,35 x 0,3 metros.





## 2. Cálculos justificativos.

- Generadores de 2 x 4 de las zonas G3 y G4.

$$f = 975 \cdot 1,94 \cdot 8 \cdot \sin 30^\circ = 7.566N$$

$$V_s = \frac{f}{\delta} = \frac{7.566}{9,81 \cdot 2000} = 0,38m^3$$

Por tanto las dimensiones de las zapatas serán de 7,9 x 0,25 x 0,20 metros.

- Generadores de 2 x 2 de la zona G4.

$$f = 975 \cdot 1,94 \cdot 4 \cdot \sin 30^\circ = 3.783N$$

$$V_s = \frac{f}{\delta} = \frac{3.783}{9,81 \cdot 2000} = 0,19m^3$$

Por tanto las dimensiones de las zapatas serán de 4 x 0,25 x 0,20 metros.

## 2.6.- Balance energético.

### 2.6.1.- Performance ratio.

El performance ratio o rendimiento energético de la instalación es la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta las siguientes pérdidas, tal y como se indicó en la Memoria técnica del presente documento.

- La dependencia de la eficiencia con la temperatura.
- Pérdidas por el polvo y suciedad.
- Pérdidas por dispersión de parámetros entre paneles.
- Pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- Pérdida por la eficiencia energética del inversor en operación.
- Pérdida por inclinación y orientación del generador.
- Pérdida por la eficiencia del cableado.
- Otras pérdidas.

El cálculo del performance ratio de cada mes resulta del producto de cada una de las pérdidas producidas en cada mes, tal y como se puede ver en la siguiente tabla.

	Ltemp	Lpol	Ldis	Lpmp	Linv	Linc	Lcab	Lotros	PR
<b>Enero</b>	93,01%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	79,41%
<b>Febrero</b>	92,43%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	78,91%
<b>Marzo</b>	91,83%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	78,40%
<b>Abril</b>	91,04%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	77,73%
<b>Mayo</b>	89,77%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	76,64%
<b>Junio</b>	88,43%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	75,50%
<b>Julio</b>	87,46%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	74,67%
<b>Agosto</b>	87,35%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	74,58%
<b>Septiembre</b>	88,65%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	75,69%
<b>Octubre</b>	90,47%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	77,24%
<b>Noviembre</b>	91,39%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	78,03%
<b>Diciembre</b>	93,12%	97,50%	98,00%	99,00%	95,00%	99,41%	98,67%	98,00%	79,50%

**2.6.2.- Producción anual esperada.**

Para el cálculo de la energía producida anualmente, se procederá según el método establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas de Conexión a Red del IDEA, utilizando la siguiente expresión para cada mes.

$$P_{\text{día}} = \frac{G_{\text{dm}}(\alpha, \beta) \cdot P_{\text{mp}} \cdot PR}{G_{\text{CEM}}} \text{ (KWh/día)}$$

Donde:

$P_{\text{día}}$  es la potencia generada por la instalación en un día.

$G_{\text{dm}}$  es la radiación incidente en un plano inclinado a  $30^\circ$  para una latitud de  $37^\circ$ .

$P_{\text{mp}}$  es la potencia pico del generador.

PR es el performance ratio mensual.

$G_{\text{CEM}} = 1 \text{ kW/m}^2$ .

En la siguiente tabla se resume el método de cálculo propuesto anteriormente. La potencia anual esperada se hallará sumando todos los términos energéticos mensuales calculados.

	G	K	$G_{\text{dm}}$	PR	$P_{\text{día}}$	$P_{\text{mes}}$
<b>Enero</b>	2,81	1,33	3,737	79,41%	197,77	6130,89
<b>Febrero</b>	4,11	1,24	5,096	78,91%	268,01	7504,28
<b>Marzo</b>	4,61	1,14	5,255	78,40%	274,58	8511,90
<b>Abril</b>	5,67	1,03	5,840	77,73%	302,50	9075,03
<b>Mayo</b>	6,72	0,96	6,451	76,64%	329,49	10214,28
<b>Junio</b>	7,11	0,93	6,612	75,50%	332,68	9980,40
<b>Julio</b>	7,69	0,96	7,382	74,67%	367,35	11387,88
<b>Agosto</b>	6,53	1,04	6,791	74,58%	337,51	10462,74
<b>Septiembre</b>	5,17	1,17	6,048	75,69%	305,09	9152,73
<b>Octubre</b>	3,86	1,32	5,095	77,24%	262,26	8130,21
<b>Noviembre</b>	2,72	1,42	3,862	78,03%	200,83	6024,92
<b>Diciembre</b>	2,25	1,41	3,172	79,50%	168,08	5210,51

Tras los cálculos oportunos, se estima que la instalación será capaz de producir un total de **101.785,78kWh al año**.

**2.7.- Cálculo de las protecciones para las líneas.****2.7.1.- Protección ante sobrecargas.**

En las distintas líneas a proteger por estos dispositivos se encuentran varias corrientes y por ello se especificará el calibre del fusible para todas las líneas de las mismas características para no repetir el cálculo en cada una de ellas.



## 2. Cálculos justificativos.

### - Línea de cada uno de los string.

Intensidad de la línea,  $I = 7,95 \text{ A}$ .

Intensidad de cálculo,  $I_b = I \cdot 1,25 = 9,94 \text{ A}$

Intensidad máxima admisible del conductor,  $I_z = 38 \text{ A}$ .

Intensidad nominal del fusible,  $I_n = 16 \text{ A}$ .

$$I \cdot 1,25 \leq I_n \leq I_z$$

$$9,94 \leq I_n \leq 38 \Rightarrow I_n = \mathbf{16 \text{ A}}$$

### - Línea LG1 (cinco strings conectados en paralelo).

Intensidad de la línea,  $I = 39,75 \text{ A}$ .

Intensidad de cálculo,  $I_b = I \cdot 1,25 = 49,69$

Intensidad máxima admisible del conductor,  $I_z = 91 \text{ A}$ .

Intensidad nominal del fusible,  $I_n = 63 \text{ A}$ .

$$I \cdot 1,25 \leq I_n \leq I_z$$

$$49,69 \leq I_n \leq 91 \Rightarrow I_n = \mathbf{63 \text{ A}}$$

### - Líneas LG2, LG3 y LG4 (cuatro strings conectados en paralelo).

Intensidad de la línea,  $I = 31,8 \text{ A}$ .

Intensidad de cálculo,  $I_b = I \cdot 1,25 = 39,75 \text{ A}$

Intensidad máxima admisible del conductor,  $I_z = 91 \text{ A}$ .

Intensidad nominal del fusible,  $I_n = 63 \text{ A}$ .

$$I \cdot 1,25 \leq I_n \leq I_z$$

$$39,75 \leq I_n \leq 91 \Rightarrow I_n = \mathbf{63 \text{ A}}$$

## 2.7.2.- Protección magnetotérmica.

### - Línea LI1, línea de salida del inversor 1.

Criterios de protección ante sobrecargas.

Intensidad de la línea,  $I = 29,46 \text{ A}$ .

Intensidad de cálculo,  $I_b = I \cdot 1,25 = 36,82 \text{ A}$ .

Intensidad máxima admisible del conductor,  $I_z = 60 \text{ A}$ .

Calibre del interruptor automático,  $I_n = 40 \text{ A}$ .

$$I \cdot 1,25 \leq I_n \leq I_z$$

$$36,82 \leq I_n \leq 60 \Rightarrow I_n = \mathbf{40 \text{ A}}$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z, \text{ siendo } I_2 = 1,45 \cdot I_n; \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

✓  $58 \leq 1,45 \times 60 = 87 \text{ A}$ . Válido.

✓  $36,82 \leq I_n \leq 60 \text{ A}$ . Válido.



## 2. Cálculos justificativos.

Criterio de protección ante cortocircuito.

$$PdC \geq (I_{cc})_{\max}$$

$$I_{cc}^2 \cdot t \leq (kS)_{adm}^2$$

Se colocará un **interruptor magnetotérmico de 40 A y PdC de 10kA.**

- Línea LI2, LI3 y LI4, líneas de salida de los inversores 2, 3 y 4.

Criterios de protección ante sobrecargas.

Intensidad de las líneas,  $I = 22,09$  A.

Intensidad de cálculo,  $I_b = I \cdot 1,25 = 27,61$  A.

Intensidad máxima admisible de los conductores,  $I_z = 60$  A.

Calibre de los interruptores automáticos,  $I_n = 32$  A.

$$I \cdot 1,25 \leq I_n \leq I_z$$

$$27,61 \leq I_n \leq 60 \Rightarrow I_n = \mathbf{32\ A}$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z, \text{ siendo } I_2 = 1,45 \cdot I_n; \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

✓  $46,4 \leq 1,45 \times 60 = 87$  A. Válido.

✓  $27,61 \leq I_n \leq 60$  A. Válido.

Criterio de protección ante cortocircuito.

$$PdC \geq (I_{cc})_{\max}$$

$$I_{cc}^2 \cdot t \leq (kS)_{adm}^2$$

Se colocará un **interruptor magnetotérmico de 32 A y PdC de 10kA.**

- Línea individual de distribución LID.

Criterios de protección ante sobrecargas.

Intensidad de las líneas,  $I = 95,73$  A.

Intensidad de cálculo,  $I_b = I \cdot 1,25 = 119,66$  A.

Intensidad máxima admisible de los conductores,  $I_z = 190$  A.

Calibre de los interruptores automáticos,  $I_n = 160$  A.

$$I \cdot 1,25 \leq I_n \leq I_z$$

$$119,66 \leq I_n \leq 190 \Rightarrow I_n = \mathbf{160\ A}$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z, \text{ siendo } I_2 = 1,45 \cdot I_n; \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$

✓  $232 \leq 1,45 \times 190 = 275,5$  A. Válido.

✓  $119,66 \leq I_n \leq 190$  A. Válido.

Criterio de protección ante cortocircuito.

$$PdC \geq (I_{cc})_{\max}$$

$$I_{cc}^2 \cdot t \leq (kS)_{adm}^2$$

Se colocará un **interruptor magnetotérmico de 160 A y PdC de 36kA.**



## 2.8.- Cálculo de la puesta a tierra.

### 2.8.1.- Cálculo del electrodo de puesta a tierra.

En cumplimiento con lo establecido en el ITC-BT-18, Instalaciones de puesta a tierra, se calculará la resistencia de puesta a tierra y por tanto la tensión de fuga como se muestra a continuación.

Puesto que la intensidad de defecto más desfavorable de los diferenciales es de 300 mA, y la tensión máxima que se puede alcanzar en este tipo de **locales mojados** es de **24 V**, la resistencia de la pica de tierra será inferior a  $24 / 0.3 = 80$  óhmios.

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L}$$

Siendo:

R la resistencia del electrodo.

$\rho$  la resistividad media del suelo, arena arcillosa de  $265 \Omega \cdot m$ .

L la longitud de las picas, 2 metros.

n el nº de picas 3.

Se adoptará una red de tierras compuesta por cable desnudo de cobre de  $35mm^2$  de sección mínima y enterrada a 60 cm de profundidad. Dicha red irá conectada a 3 picas de acero cobreadas de 15 mm de diámetro y de 2 m de longitud, separadas entre sí 4 metros. De manera que la instalación de puesta a tierra garantizará una resistencia de 44,167 Ohmios, inferior a los 80 Ohmios máximos establecidos.

Con el diseño del electrodo, llegará a una tensión de 13,25 V, inferior a la tensión máxima permitida para locales mojados de 24 V.

### 2.8.2.- Cálculo de distancia entre masas de otra instalación.

En cumplimiento del ITC-BT-18, se calculará la separación entre las tomas de tierra de las masas de la instalación y de las posibles masas de otras instalaciones.

La distancia de separación entre ambos electrodos vendrá dada por:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi U}$$

Siendo:

D la distancia entre electrodos, en metros.

$\rho$  la resistividad media del suelo,  $265 \Omega \cdot m$ .

$I_d$  la intensidad de defecto a tierra, facilitada por la empresa eléctrica, 285A.

U: 1200 V para sistemas de distribución TT siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V.

La distancia mínima de separación entre las tomas de tierra de las masas de las distintas instalaciones según establece el apartado 11, de ITC-BT-18, debe ser de un mínimo de 10,01 metros.



## Anexo I. Tablas.

Tabla 1. Espesores mínimos de aislamiento para tuberías en interior, en mm.

Diámetro exterior tubería sin aislar mm	Temperatura del fluido		
	40 a 66°C	66 a 100°C	101 a 150°C
D < 35	20	20	30
35 < D < 60	20	30	40
60 < D < 90	30	30	40
90 < D < 140	30	40	50
D > 140	30	40	50

Tabla 2. Espesores mínimos de aislamiento para tuberías en exterior, en mm.

Diámetro exterior tubería sin aislar mm	Temperatura del fluido		
	40 a 66°C	66 a 100°C	101 a 150°C
D < 35	30	30	40
35 < D < 60	30	40	50
60 < D < 90	40	40	50
90 < D < 140	40	50	60
D > 140	40	50	60

Tabla 3. Longitud equivalente de tubería en metros para pérdidas de carga singulares.

	Diámetro nominal de la tubería					
	18	22	28	35	42	54
Curva de 45°	0,34	0,43	0,47	0,56	0,7	0,85
Codo de 90°	0,5	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71
Curva de 90°	0,33	0,45	0,6	0,84	0,96	1,27
Reducción	0,3	0,5	0,65	0,85	1	1,3
T	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
T	2,5	3	3,6	4,1	4,6	5
T	1,68	1,8	1,92	2,4	3	3,6
Válvula antirretorno de clapeta	0,5	0,77	1,05	1,61	2,1	2,66

Tabla 4. Pérdidas energéticas en tuberías aisladas por las que circula agua caliente.

mm	15	18	12	28	35	42	54
W/m	6,8	7,5	8,4	9,8	11,4	12,9	15,5



## 2. Cálculos justificativos.



Tabla 5. Intensidades admisibles, en amperios, al aire 40°C.

<b>A</b>		Condutores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
<b>A2</b>		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes.	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
<b>B</b>		Condutores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra.				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
<b>B2</b>		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial y empotrados en obra.			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
<b>C</b>		Cables multiconductores directamente sobre la pared					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
<b>E</b>		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3D						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
<b>F</b>		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D.							3x PVC			3x XLPE o EPR <sup>1</sup>	
<b>G</b>		Cables unipolares separados mínimo D.									3x PVC		3x XLPE o EPR
<b>Cobre</b>		<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	205
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821



## 2. Cálculos justificativos.

Tabla 6. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada.

SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-





## 2. Cálculos justificativos.

### Anexo II. Hoja resumen de los cálculos eléctricos.

Denominación	P. cálculo (W)	Longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I Línea (A)	I Cálculo (A)	I Adm. (A)	C.T. parcial (%)	C.T. Total (%)
<u>Líneas del inversor 1.</u>								
1G1	3.920	41,25	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,5942	0,5942
2G1	3.920	38,64	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,5566	0,5566
3G1	3.920	25,06	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,3610	0,3610
4G1	3.920	16,36	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,2356	0,2356
5G1	3.920	16,36	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,2356	0,2356
LG1	19.600	41,27	2x16 + TTx16 Cu	39,75	49,69	91	0,7431	1,3372
<u>Líneas del inversor 2.</u>								
1G2	3.920	25,03	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,3605	0,3605
2G2	3.920	17,05	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,2456	0,2456
3G2	3.920	15,87	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,2286	0,2286
4G2	3.920	5,23	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,0753	0,0753
LG2	15.680	15,37	2x16 + TTx16 Cu	31,8	39,75	91	0,2214	0,5819
<u>Líneas del inversor 3.</u>								
1G3	3.920	19,88	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,2863	0,2863
2G3	3.920	11	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,1584	0,1584
3G3	3.920	6,14	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,0884	0,0884
4G3	3.920	3,5	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,0504	0,0504
LG3	15.680	48,36	2x16 + TTx16 Cu	31,8	39,75	91	0,6966	0,9829
<u>Líneas del inversor 4.</u>								
1G4	3.920	23,41	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,3372	0,3372
2G4	3.920	11	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,1584	0,1584
3G4	3.920	6,14	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,0884	0,0884
4G4	3.920	3,5	2x4 + TTx4 Cu	7,95	9,94	38	0,0504	0,0504
LG4	15.680	52	2x16 + TTx16 Cu	31,8	39,75	91	0,7490	1,0862
<u>Líneas de corriente alterna.</u>								
LI1	20.000	2	4x10 + TTx10 Cu	29,46	36,82	60	0,0446	0,0446
LI2	15.000	2	4x10 + TTx10 Cu	22,09	27,62	60	0,0335	0,0335
LI3	15.000	2	4x10 + TTx10 Cu	22,09	27,62	60	0,0335	0,0335
LI4	15.000	2	4x10 + TTx10 Cu	22,09	27,62	60	0,0335	0,0335
LDI	65.000	53,86	4x35 + TTx35 Cu	95,73	119,67	190	1,1164	1,1610



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Industrial



# **Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

## **3. Estudio de Seguridad y Salud.**



**INDICE.**

<b>1.- Introducción.</b>	<b>2</b>
1.1.- Objeto del estudio básico de seguridad y salud.	2
1.2.- Justificación del estudio básico de seguridad y salud.	2
1.3.- Datos del proyecto de obra.	3
<b>2.- Normas de seguridad aplicables en la obra.</b>	<b>3</b>
<b>3.- Identificación de riesgos y prevención de los mismos.</b>	<b>3</b>
3.1.- Cubiertas planas, inclinadas, materiales ligeros.	3
3.2.- Albañilería y cerramientos.	4
3.3.- Terminaciones.	5
3.4.- Instalaciones.	5
<b>4.- Formación.</b>	<b>6</b>
<b>5.- Medidas preventivas y primeros auxilios.</b>	<b>6</b>
<b>6.- Presupuesto de seguridad y salud.</b>	<b>6</b>
<b>7.- Trabajos posteriores. Reparación y mantenimiento.</b>	<b>6</b>
<b>8.- Obligaciones del promotor.</b>	<b>7</b>
<b>9.- Coordinador en materia de seguridad y salud.</b>	<b>7</b>
<b>10.- Plan de seguridad y salud en el trabajo.</b>	<b>8</b>
<b>11.- Obligaciones de contratistas y subcontratistas.</b>	<b>8</b>
<b>12.- Obligaciones de los trabajadores autónomos.</b>	<b>9</b>
<b>13.- Libro de incidencias.</b>	<b>10</b>
<b>14.- Paralización de los trabajos.</b>	<b>10</b>
<b>15.- Derechos de los trabajadores.</b>	<b>11</b>
<b>16.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud.</b>	<b>11</b>
<b>17.- Campo de aplicación.</b>	<b>11</b>
<b>18.- Normativas aplicables.</b>	<b>11</b>
<b>19.- Desarrollo del estudio.</b>	<b>12</b>
19.1.- Aspectos generales.	12
19.2.- Identificación de los riesgos.	12
19.3.- Medidas de prevención necesarias.	13
19.4.- Protecciones.	13
19.5.- Características generales de la obra.	14
19.5.1.- Descripción de la obra y situación.	14
19.5.2.- Suministro de energía eléctrica.	14
19.5.3.- Suministro de agua potable.	14
19.5.4.- Servicios higiénicos.	14
19.5.5.- Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores.	14

**Anexo I. Pruebas y puesta en servicio de las instalaciones.**

**Anexo II. Trabajos en fachada y cubierta.**

**Anexo II. Sistema térmico.**

**Anexo IV. Líneas eléctricas.**



## **1.- Introducción.**

---

### **1.1.- Objeto del estudio básico de seguridad y salud.**

Este Estudio de Seguridad y Salud, establece las previsiones respecto a prevención de riesgo de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores, durante la construcción de la obra.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio Básico de Seguridad y Salud en el Trabajo, en los Proyectos de Edificaciones.

El documento servirá para llevar a cabo las obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias. Para los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente se deben especificar las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas y las previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día y en las debidas condiciones los previsibles trabajos posteriores.

### **1.2.- Justificación del estudio básico de seguridad y salud.**

El Real Decreto 1627/1.997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Por lo tanto, hay que comprobar que se dan todos los supuestos siguientes:

- El Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) es inferior a 450.759,08 €.
- La duración estimada de la obra no es superior a 30 días o no se emplea ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada es inferior a 500 trabajadores día (suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra).
- No es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Como no se da ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.



### 1.3.- Datos del proyecto de obra.

Tipo de Obra: Proyecto de la instalación de la central solar térmica y fotovoltaica de conexión a red de 65 kW.

Situación: Calle Pedro Díaz

Población: Cartagena

Proyectista: Andrés Ortiz González.

Director de obra:

Coordinador de Seguridad y Salud en fase de proyecto:

### 2.- Normas de seguridad aplicables en la obra.

Ley 31/1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de Seguridad en el trabajo.

Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.

Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.

Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.

Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.

Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).

Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

### 3.- Identificación de riesgos y prevención de los mismos.

#### 3.1.- Cubiertas planas, inclinadas, materiales ligeros.

Riesgos más frecuentes	Medidas preventivas	Protecciones individuales
Caídas de operarios al mismo nivel.	Marquesinas rígidas.	Orden y limpieza.
Caídas de operarios a distinto nivel.	Barandillas.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa.
Caída de operarios al vacío.	Pasos o pasarelas.	Cinturón de seguridad.
Caída de objetos sobre operarios.	Redes verticales.	Utilización de EPI's.



### 3. Estudio de Seguridad y Salud.

Caída de materiales transportados.	Se prohíbe la permanencia de trabajadores bajo la trayectoria de los materiales suspendidos.	Casco de seguridad y ropa de trabajo.
Choques o golpes contra objetos.		Ropa de trabajo, guantes y botas de seguridad.
Atrapamientos y aplastamientos	Mallazos.	Control de maniobras y vigilancia continuada.
Lesiones y/o cortes en manos y pies.		Calzado y guantes de seguridad.
Ambiente polvoriento.		Utilizar mascarillas de protección.
Ruidos, contaminantes acústicos.		Protectores auditivos.
Vibraciones.	Carcasas resguardos de protección de partes móviles de maquinaria.	Ropa de trabajo, protectores auditivos, cinturones antivibración.

#### 3.2.- Albañilería y cerramientos.

Las medidas que se deben adoptar en este caso son a parte de las mencionadas en el punto anterior, las que se muestran a continuación:

Riesgos más frecuentes	Medidas preventivas	Protecciones individuales
Dermatitis por contacto de cemento y cal.	Limpieza de zonas de trabajo y tránsito.	Guantes de PVC y botas de seguridad.
Contactos eléctricos directos e indirectos.	Habilitar caminos de circulación.	Guantes de PVC y botas de seguridad.
Condiciones meteorológicas adversas.	Andamios adecuados.	Traje para ambientes lluviosos y botas antideslizantes.
Trabajos en zonas húmedas o mojadas.		Botas antideslizantes.
Derivados de medios auxiliares.	Los sobrantes se irán retirando conforme se produzcan.	
Quemaduras en impermeabilizaciones.		Botas, polainas, mandiles y guantes de cuero para impermeabilización.
Derivados del acceso al lugar de trabajo.	Los sobrantes se irán retirando conforme se produzcan.	



### 3.3.- Terminaciones (alicatados, enfoscados, enlucidos, falsos techos, salados, pinturas, carpintería, cerrajería, vidriería).

Riesgos más frecuentes	Medidas preventivas	Protecciones individuales
Caídas de operarios al mismo nivel.	Marquesinas rígidas.	Orden y limpieza.
Caídas de operarios a distinto nivel.	Barandillas.	Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa.
Caída de operarios al vacío. Caída de objetos sobre operarios.	Pasos o pasarelas. Redes verticales.	Cinturón de seguridad. Utilización de EPI's.
Caída de materiales transportados.	Se prohíbe la permanencia de trabajadores bajo la trayectoria de los materiales suspendidos.	Casco de seguridad y ropa de trabajo.

### 3.4.- Instalaciones (electricidad, fontanería, gas, aire acondicionado. Calefacción, ascensores, antenas, pararrayos).

Las medidas que se deben adoptar en este caso son a parte de las mencionadas en el punto 3.1., las que se muestran a continuación:

Riesgos más frecuentes	Medidas preventivas	Protecciones individuales
Dermatitis por contacto de cemento y cal.	Limpieza de zonas de trabajo y tránsito.	Guantes de PVC y botas de seguridad.
Contactos eléctricos directos e indirectos.	Habilitar caminos de circulación.	Guantes de PVC y botas de seguridad.
Condiciones meteorológicas adversas.	Andamios adecuados.	Traje para ambientes lluviosos y botas antideslizantes.
Trabajos en zonas húmedas o mojadas.		Botas antideslizantes.
Derivados de medios auxiliares.	Los sobrantes se irán retirando conforme se produzcan.	
Quemaduras en impermeabilizaciones.		Botas, polainas, mandiles y guantes de cuero para impermeabilización.
Derivados del acceso al lugar de trabajo.	Los sobrantes se irán retirando conforme se produzcan.	



#### **4.- Formación.**

---

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear.

#### **5.- Medidas preventivas y primeros auxilios.**

---

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente, y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

Para la asistencia a accidentados, se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista de los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

#### **6.- Presupuesto de seguridad y salud.**

---

El Real Decreto 1627/1.997 establece disposiciones mínimas y entre ellas no figura, para el Estudio Básico la de realizar un Presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación de dicho Estudio. (Aunque no sea obligada Seguridad y Salud, que obra).

Aunque no sea obligatorio se recomienda reservar en el Presupuesto del proyecto una partida de Seguridad y Salud, que puede variar entre el 1% y el 2% del PEM, en función del tipo de obra.

#### **7.- Trabajos posteriores. Reparación y mantenimiento.**

---

El apartado 3 del Artículo 6 del Real Decreto 1627/1.997 establece que en el Estudio Básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.





### 3. Estudio de Seguridad y Salud.

Riesgos más frecuentes	Medidas preventivas	Protecciones individuales
Caídas de operarios al vacío.		Utilización de EPI's.
Caídas de operarios al mismo nivel.	Orden y limpieza.	
Caídas de alturas por huecos horizontales.	Tableros o planchas en huecos horizontales.	Cinturón de seguridad y ropa de trabajo.
Caída por resbalón		Botas antideslizantes.
Contactos eléctricos directos e indirectos.		Guantes de PVC y botas de seguridad.
Condiciones meteorológicas adversas.		Traje para lluvia y botas antideslizantes.
Trabajos en zonas húmedas o mojadas.		Botas antideslizantes.

## 8.- Obligaciones del promotor.

Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

(En la introducción del Real Decreto y en el apartado 2 del Artículo 2 se establece que el contratista y el subcontratista tendrán la consideración de empresario a los efectos previstos en la normativa sobre prevención de riesgos laborales. Como en las obras de edificación es habitual la existencia de numerosos subcontratistas, será previsible la existencia del Coordinador en la fase de ejecución).

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

## 9.- Coordinador en materia de seguridad y salud.

La designación del Coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1.997.



### **3. Estudio de Seguridad y Salud.**

- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.

## **10.- Plan de seguridad y salud en el trabajo.**

---

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de Prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio Básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero que siempre con la aprobación expresa del Coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. El Plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

## **11.- Obligaciones de contratistas y subcontratistas.**

---

El contratista y subcontratistas estarán obligados a:

1. Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos laborales y en particular:
  - El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
  - La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
  - La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
  - El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.



### 3. Estudio de Seguridad y Salud.

- La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
  - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
  - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
  - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
  - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
  - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
  3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.
  4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiera a seguridad y salud.
  5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a los trabajos autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor o eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

## **12.- Obligaciones de los trabajadores autónomos.**

---

Los trabajadores autónomos están obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- La recogida de materiales peligrosos utilizados.
- La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
- Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.



### **3. Estudio de Seguridad y Salud.**

- Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1.997.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1.997.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

### **13.- Libro de incidencias.**

---

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo. (Sólo se podrán hacer anotaciones en el Libro de Incidencias relacionadas con el cumplimiento del Plan).

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

### **14.- Paralización de los trabajos.**

---

Cuando el Coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajo o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.



## **15.- Derechos de los trabajadores.**

---

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

Una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

## **16.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud.**

---

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1.997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborales que pueden ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Así mismo este Estudio de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

En base a este estudio Básico de Seguridad, el Contratista elaborará su Plan de Seguridad y Salud, en el que tendrá en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.

## **17.- Campo de aplicación.**

---

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud es de aplicación en las obras de construcción de Instalaciones Generadoras de Baja Tensión así como las Líneas Aéreas y/o Subterráneas de alimentación.

## **18.- Normativas aplicables.**

---

La relación de normativa que a continuación se presenta no pretende ser exhaustiva, se trata únicamente de recoger la normativa legal vigente en el momento de la edición de este documento, que sea de aplicación y del mayor interés para la realización de los trabajos objeto del contrato al que se adjunta este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Decreto 2413/1973 del 20 de septiembre. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias.

Ley 8/1980 de 20 de marzo. Estatuto de los Trabajadores.



### **3. Estudio de Seguridad y Salud.**

Real Decreto 3275/1982 Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, y las Instrucciones Técnicas Complementarias.

Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio. Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social.

Real Decreto 39/1995, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.  
Real Decreto 485/1997 en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 487/1995 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbar, para los trabajadores.

Real Decreto 773/1995 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.

Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 1627/1997, de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo año 1971, capítulo VI.

Cualquier otra disposición sobre la materia actualmente en vigor o que se promulgue durante la vigencia de este documento.

## **19.- Desarrollo del estudio.**

---

### **19.1.- Aspectos generales.**

El Contratista acreditará ante la Dirección Facultativa de la obra, la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios.

Así mismo, la Dirección Facultativa, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección y teléfonos de estos servicios deberá ser colocada de forma visible en lugares estratégicos de la obra.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan establecido, informando a todos los operarios claramente las maniobras a realizar, los posibles riesgos existentes y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta. Deben cerciorarse de que todo lo han entendido.

### **19.2.- Identificación de los riesgos.**

En función de las obras a realizar y de las fases de trabajos de cada una de ellas, se incorporan en los Anexos los riesgos más comunes, sin que su relación sea exhaustiva.

En el Anexo I se contemplan los riesgos en las fases de pruebas y puesta en servicio de las nuevas instalaciones, como etapa común para toda obra nueva.

En los Anexos II, III y IV se identifican los riesgos para las obras competentes.



### **19.3.- Medidas de prevención necesarias.**

En los Anexos se incluyen, junto con las medidas de protección, las acciones tendentes a evitar o disminuir los riesgos en los trabajos, además de las que con carácter general se recogen a continuación:

- Protecciones y medidas preventivas colectivas, según normativa vigente relativa a equipos y medios de seguridad colectiva.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Prohibir la entrada a la obra a todo el personal ajeno.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como puntos singulares en el interior de la misma.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Controlar que la carga de los camiones no sobrepase los límites establecidos y reglamentarios.
- Utilizar andamios y plataformas de trabajo adecuados.
- Evitar pasar o trabajar debajo de la vertical de otros trabajos.

### **19.4.- Protecciones.**

Las protecciones a utilizar son: Ropa de trabajo, adecuada a la tarea a realizar por los trabajadores del contratista.

Equipos de protección, de acuerdo con las normas UNE. Se relacionan a continuación los equipos de protección individual y colectiva de uso más frecuente en los trabajos que se desarrollan. El Contratista deberá seleccionar aquellos que sean necesarios según el tipo de trabajo.

- Calzado de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Guantes aislantes de la electricidad de baja tensión.
- Guantes aislantes de la temperatura.
- Casco de soldadura.
- Gafas de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Discriminador de baja tensión, protecciones colectivas.
- Señalización: cintas, banderolas, etc.
- Cualquier tipo de protección colectiva que se pueda requerir en el trabajo a realizar.
- Equipos de primeros auxilios.
- Botiquín con los medios necesarios para realizar curas de urgencia.
- Equipo de protección contra incendios: Extintores de polvo seco clase A, B, C.



### **19.5.- Características generales de la obra.**

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se pueden tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

#### **19.5.1.- Descripción de la obra y situación.**

La obra la comprenden dos sistemas diferenciados. Por una parte existe una instalación solar térmica que implica todo tipo de riesgos relacionados con las altas presiones y las quemaduras y por otra parte una instalación solar fotovoltaica que comprende riesgos eléctricos en baja tensión.

En cuanto a la situación de la obra, no se cuenta con especiales dificultades en los accesos de los medios de transporte y traslado de urgencia. Existe un hospital general con urgencias a tres kilómetros.

#### **19.5.2.- Suministro de energía eléctrica.**

Al ya existir el edificio en cuestión, ya se encuentra activo el suministro de energía eléctrica tanto en monofásica como en trifásica. La empresa constructora deberá proporcionar los puntos de enganche necesarios.

#### **19.5.3.- Suministro de agua potable.**

El suministro de agua potable será a través de las conducciones habituales de suministro en la región ya existentes, garantizando su existencia desde el comienzo de la obra.

#### **19.5.4.- Servicios higiénicos.**

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Estos servicios serán aseos químicos en cabinas móviles. Se dispondrá de medios que faciliten la evacuación de las aguas fecales a lugares específicos destinados para ello, de modo que no se agreguen al medio ambiente.

#### **19.5.5.- Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores.**

Entre otras se deberá disponer de:

- Instrucciones de operación normal y de emergencia.
- Señalización clara de mandos de operación y emergencia.
- Dispositivos de protección personal y colectiva para trabajos de mantenimiento.
- Equipos de rescate y auxilio para casos necesarios.





## **Anexo I. Pruebas y puesta en servicio de las instalaciones.**

Se indican con carácter general los posibles riesgos existentes en la puesta en servicio de las instalaciones y las medidas preventivas y de protección a adoptar para eliminarlos o minimizarlos.

<b>Actividad</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Acción preventiva y protecciones</b>
Pruebas y puestas en servicio.	Golpes.	Mantenimiento de equipos y utilización de EPI's.
	Heridas.	Utilización de EPI's.
	Caídas de Objetos.	Adecuación de Cargas.
	Atrapamientos	Control de Maniobras: Vigilancia continuada.
	Exposición a altas temperaturas.	Utilización de EPI's Control de los aislamientos térmicos y las altas temperaturas.
	Exposición a altas presiones.	Utilización de EPI's Control de los niveles de presión y válvulas de seguridad.
	Contactos Eléctricos Directos e Indirectos.	Utilización de EPI's.  Seguir los procedimientos de descarga de instalaciones eléctricas.  Aplicar las siguientes reglas: <ul style="list-style-type: none"><li>- Apantallar en caso de proximidad de los elementos en tensión.</li><li>- Informar por parte del Jefe de Trabajo a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y donde se encuentran los puntos en tensión más cercanos.</li></ul>



## Anexo II. Trabajos en fachada y cubierta.

Actividad	Riesgo	Acción preventiva y protecciones
Trabajos de altura	Caídas de objetos. Caídas al mismo nivel.  Caídas desde altura.  Riesgos a terceros. Desprendimientos.	Mallado de protección.  Orden y limpieza.  Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según normativa vigente.  Vallado de seguridad. Mallado de protección. Protección de los huecos.
Protección Individual	Los propios en el trabajo de alturas.	Casco, gafas, arnés de pecho o seguridad y guantes.

## Anexo III. Sistema térmico.

Actividad	Riesgo	Acción preventiva y protecciones
Acopio, carga y descarga	Golpes y heridas. Caídas de objetos.  Atrapamiento.	Utilización de EPI's Adecuación de las cargas.  Control de maniobras. Vigilancia continuada.
Hormigonado	Golpes y heridas. Oculares, cuerpos extraños. Riesgos a terceros.  Sobreesfuerzos.  Atrapamientos.	Utilización de EPI's. Gafas de seguridad. Vallado de seguridad. Protección de los huecos.  Utilizar fajas de protección lumbar.  Control de maniobras y vigilancia continuada.
Montaje, izado y armado.	Desprendimientos. Golpes y heridas. Oculares, cuerpos extraños.  Riesgos a terceros.  Sobreesfuerzos.	Entibamiento. Utilización de EPI's. Utilización de EPI's. Vallado de seguridad. Protección de los huecos.  Utilizar fajas de protección lumbar.
Soldadura y calibrados.	Quemaduras. Altas presiones	Utilización de EPI's Utilización de EPI's
Pruebas y Puesta en Servicio.	Ver Anexo 1.	



## Anexo IV. Líneas eléctricas.

Actividad	Riesgo	Acción preventiva y protecciones
Acopio, carga y descarga.	Golpes. Heridas. Caídas de objetos. Atrapamiento.	Mantenimiento de equipos. Utilización de EPI's. Adecuación de las cargas. Control de maniobras. Vigilancia continuada.
Excavaciones y hormigonado.	Caídas al mismo nivel. Desprendimientos. Golpes y heridas. Oculares, cuerpos extraños. Riesgos a terceros. Sobreesfuerzos.	Orden y limpieza. Entibamiento. Utilización de EPI's. Gafas de seguridad. Vallado de seguridad. Protección de los huecos. Utilizar fajas de protección lumbar.
Montaje, izado y armado.	Desprendimientos. Golpes y heridas. Oculares, cuerpos extraños. Riesgos a terceros. Sobreesfuerzos.	Entibamiento. Utilización de EPI's. Utilización de EPI's. Vallado de seguridad. Protección de los huecos. Utilizar fajas de protección lumbar.
Tendido de conductores.	Vuelco de maquinaria.  Riesgo eléctrico.  Golpes y heridas.  Atrapamientos.  Sobreesfuerzos.	Acondicionamiento de la zona de ubicación, anclaje correcto de máquinas de tracción.  Puesta a tierra de los conductores y señalización de ella.  Utilización de EPI's.  Control de maniobras y vigilancia continuada.  Utilizar fajas de protección lumbar.
Tensado y grapado.	Riesgo eléctrico.  Golpes y heridas.  Atrapamientos.  Sobreesfuerzos.	Puesta a tierra de los conductores su señalización.  Utilización de EPI's.  Control de maniobras y vigilancia continuada.  Utilizar fajas de protección lumbar.
Pruebas y Puesta en Servicio.	Ver Anexo 1.	



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Industrial



# **Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

## **4. Pliego de Condiciones.**



**INDICE.**

<b>1.- Pliego de condiciones generales. ....</b>	<b>3</b>
1.1.- Condiciones generales.....	3
1.2.- Reglamentos y normas.....	3
1.3.- Responsabilidades en la ejecución. ....	3
1.4.- Ejecución de las obras. ....	3
1.4.1.- Replanteo. ....	3
1.4.2.- Comienzo de la obra.....	4
1.4.3.- Plazo de ejecución.....	4
1.4.4.- Libro de órdenes.....	4
1.5.- Recepción de las Obras.....	4
1.5.1.- Recepción provisional. ....	4
1.5.2.- Plazo de garantía. ....	4
1.5.3.- Recepción definitiva. ....	4
1.6.- Interpretación y desarrollo del proyecto. ....	5
1.7.- Contratación de la Empresa. ....	5
1.8.- Condiciones de los materiales. ....	5
1.9.- Modificaciones. ....	6
1.10.- Obras complementarias. ....	6
1.11.- Obra Defectuosa.....	6
1.12.- Conservación de las Obras y desperfectos. ....	6
1.13.- Medios Auxiliares. ....	6
<b>2.- Condiciones Económicas.....</b>	<b>7</b>
2.1.- Abono de la Obra.....	7
2.2.- Fianza. ....	7
2.3.- Precios .....	7
2.4.- Revisión de Precios .....	7
2.5.- Penalizaciones .....	7
2.6.- Contrato .....	8
2.7.- Rescisión del Contrato.....	8
2.8.- Liquidación en caso de Rescisión del Contrato.....	8



<b>3.- Condiciones Facultativas .....</b>	<b>9</b>
3.1.- <i>Normas a Seguir .....</i>	9
3.2.- <i>Personal.....</i>	9
<b>4.- Pliego de Condiciones Técnicas .....</b>	<b>9</b>
4.1.- <i>Unidades de Obra Civil. ....</i>	9
4.1.1.- <i>Materiales Básicos.....</i>	9
4.1.2.- <i>Recogida y limpieza de la zona.....</i>	9
4.2.- <i>Suministro y almacenamiento.....</i>	10
4.3.- <i>Reconocimiento y ensayos previos.....</i>	10
4.4.- <i>Condiciones técnicas de los equipos térmicos.....</i>	11
4.4.1.- <i>Generalidades. ....</i>	11
4.4.2.- <i>Sistema de captación. ....</i>	12
4.4.3.- <i>Sistema de acumulación.....</i>	12
4.4.4.- <i>Sistema de bombeo.....</i>	13
4.4.5.- <i>Elementos de seguridad y valvulería.....</i>	14
4.4.6.- <i>Ensayos.....</i>	15
4.5.- <i>Condiciones técnicas de los equipos eléctricos.....</i>	15
4.5.1.- <i>Generalidades. ....</i>	15
4.5.2.- <i>Cuadros eléctricos. ....</i>	18
4.5.3.- <i>Armario de Mando y Control .....</i>	19
4.5.4.- <i>Red de puesta a Tierra .....</i>	19
4.5.5.- <i>Ensayos eléctricos. ....</i>	19
4.5.6.- <i>Medida del Consumo. ....</i>	20



## **1.- Pliego de condiciones generales.**

---

### **1.1.- Condiciones generales.**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del proyecto y la ejecución cualitativa del mismo, definiendo las características que se deben cumplir en la ejecución de las instalaciones solares térmica y fotovoltaica descritas en la Memoria así como también de los materiales utilizados en la construcción de éstas.

El alcance del trabajo del Contratista incluye el diseño y preparación de todos los planos, diagramas, especificaciones, lista de material y requisitos para la adquisición e instalación del trabajo.

El presente documento asegura y garantiza lo siguiente:

- Uso seguro de la instalación.
- Durabilidad y calidad en la instalación.
- Optimización del ahorro energético en el periodo de instalación y puesta en marcha.

### **1.2.- Reglamentos y normas.**

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y Normas citadas.

### **1.3.- Responsabilidades en la ejecución.**

El contratista es el único responsable de la ejecución de las obras que haya contratado. No tendrá derecho a indemnización alguna por el mayor precio a que pudieran costarle los materiales ni por las erradas maniobras que cometiese durante la construcción, siendo todas ellas de su cuenta y riesgo e independiente de la inspección del director de la obra.

Será asimismo responsable ante los tribunales de los accidentes que por su inexperiencia o descuido ocurran en la construcción de la instalación, en cuyo caso, si no fuese persona competente en los trabajos, tendrá obligación de hacerse representar por otra que tenga para ello los debidos conocimientos.

### **1.4.- Ejecución de las obras.**

#### **1.4.1.- Replanteo.**

El replanteo de las instalaciones se ajustará por el director de la obra, marcando sobre el terreno claramente todos los puntos necesarios para la ejecución de la obra en presencia del contratista y según proyecto.

El contratista facilitará por su cuenta todos los elementos que sean necesarios para la ejecución de los referidos replanteos y señalamiento de los mismos, cuidando bajo su responsabilidad de la invariabilidad de las señales o datos fijados para su determinación.



#### **1.4.2.- Comienzo de la obra.**

El contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de la firma del contrato.

El Contratista está obligado a notificar por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director la fecha de comienzo de los trabajos.

#### **1.4.3.- Plazo de ejecución.**

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la Propiedad o en su defecto en el que figure en las condiciones de este pliego.

Cuando el Contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la Propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo posterior que esté condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

#### **1.4.4.- Libro de órdenes.**

El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de Órdenes en el que se escribirán las que el Técnico Director estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le dé por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

### **1.5.- Recepción de las Obras.**

#### **1.5.1.- Recepción provisional.**

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Técnico Director y la Propiedad en presencia del Contratista, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitida.

#### **1.5.2.- Plazo de garantía.**

El plazo de garantía será como mínimo de un año, contado desde la fecha de la recepción provisional, o bien el que se establezca en el contrato también contado desde la misma fecha. Durante este período queda a cargo del Contratista la conservación de las obras y arreglo de los desperfectos causados por asiento de las mismas o por mala construcción.

#### **1.5.3.- Recepción definitiva.**

Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía de igual forma que la provisional. A partir de esta fecha cesará la obligación del Contratista de conservar y reparar a su cargo las obras si bien subsistirán las responsabilidades que pudiera tener por defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.





### **1.6.- Interpretación y desarrollo del proyecto.**

La interpretación técnica de los documentos del Proyecto, corresponde al Técnico Director. El Contratista está obligado a someter a éste cualquier duda, aclaración o contradicción que surja durante la ejecución de la obra por causa del Proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto.

El Contratista se hace responsable de cualquier error de la ejecución motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del Proyecto.

El Contratista está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra, aún cuando no se halle explícitamente expresado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

El Contratista notificará por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para inspección, cada una de las partes de obra para las que se ha indicado la necesidad o conveniencia de la misma o para aquellas que, total o parcialmente deban posteriormente quedar ocultas. De las unidades de obra que deben quedar ocultas, se tomarán antes de ello, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritos por el Técnico Director de hallarlos correctos. De no cumplirse este requisito, la liquidación se realizará sobre la base de los datos o criterios de medición aportados por éste.

### **1.7.- Contratación de la Empresa.**

Modo de contratación: El conjunto de las instalaciones las realizará la empresa escogida por concurso-subasta.

Presentación: Las empresas seleccionadas para dicho concurso deberán presentar sus proyectos en sobre lacrado, antes del 15 de octubre de 2008 en el domicilio del propietario.

Selección: La empresa escogida será anunciada la semana siguiente a la conclusión del plazo de entrega. Dicha empresa será escogida de mutuo acuerdo entre el propietario y el director de la obra, sin posible reclamación por parte de las otras empresas concursantes.

### **1.8.- Condiciones de los materiales.**

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista obtendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de la obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso, podrá suplir la falta directamente, sin la autorización expresa.

Una vez adjudicada la obra definitivamente y antes de iniciarse ésta, el Contratista presentará al Técnico Director los catálogos, cartas muestra, certificados de garantía o de homologación de los materiales que vayan a emplearse.



#### **4. Pliego de Condiciones.**

Los materiales serán reconocidos en obra antes de su empleo por la dirección facultativa, sin cuya aprobación no podrán ser empleados en la obra.

#### **1.9.- Modificaciones.**

El contratista está obligado a realizar las obras que se le encarguen resultantes de modificaciones del proyecto, tanto en aumento como disminución o simplemente variación, siempre y cuando el importe de las mismas no altere en más o menos de un 25% del valor contratado.

La valoración de las mismas se hará de acuerdo, con los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Contratista y que ha sido tomado como base del contrato. El Técnico Director de obra está facultado para introducir las modificaciones de acuerdo con su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la construcción, siempre que cumplan las condiciones técnicas referidas en el proyecto y de modo que ello no varíe el importe total de la obra.

#### **1.10.- Obras complementarias.**

El contratista tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra especificadas en cualquiera de los documentos del Proyecto, aunque en él, no figuren explícitamente mencionadas dichas obras complementarias. Todo ello sin variación del importe contratado.

#### **1.11.- Obra Defectuosa.**

Cuando el Contratista halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Técnico Director podrá aceptarlo o rechazarlo; en el primer caso, éste fijará el precio que crea justo con arreglo a las diferencias que hubiera, estando obligado el Contratista a aceptar dicha valoración, en el otro caso, se reconstruirá a expensas del Contratista la parte mal ejecutada sin que ello sea motivo de reclamación económica o de ampliación del plazo de ejecución.

#### **1.12.- Conservación de las Obras y desperfectos.**

Es obligación del Contratista la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la recepción definitiva por la Propiedad, y corren a su cargo los gastos derivados de ello.

Si el contratista causara algún desperfecto tanto en las propias instalaciones como en las propiedades colindantes, tendrá que restaurarlas a su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al dar comienzo las obras de la instalación solar.

#### **1.13.- Medios Auxiliares.**

Serán de cuenta del Contratista todos los medios y máquinas auxiliares que sean precisas para la ejecución de la obra. En el uso de los mismos estará obligado a hacer cumplir todos los Reglamentos de Seguridad en el trabajo vigente y a utilizar los medios de protección a sus operarios.



## **2.- Condiciones Económicas**

---

### **2.1.- Abono de la Obra**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos en los que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

### **2.2.- Fianza.**

En el contrato se establecerá la fianza que el contratista deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o, se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de obra ejecutada.

De no estipularse la fianza en el contrato se entiende que se adopta como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, o a atender la garantía, la Propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Contratista en un plazo no superior a treinta días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

### **2.3.- Precios**

El contratista presentará, al formalizarse el contrato, relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se fijará su precio entre el Técnico Director y el Contratista antes de iniciar la obra y se presentará a la propiedad para su aceptación o no.

### **2.4.- Revisión de Precios**

En el contrato se establecerá si el contratista tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Técnico Director alguno de los criterios oficiales aceptados.

### **2.5.- Penalizaciones**

Por retraso en los plazos de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.



## **2.6.- Contrato**

El contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, éstas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el Proyecto Técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el contratista como la Propiedad deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

## **2.7.- Rescisión del Contrato**

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

1. Muerte o incapacitación del Contratista.
2. La quiebra del contratista.
3. Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
4. Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
5. La no iniciación de las obras en el plazo estipulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
6. La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
7. Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fe.
8. Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
9. Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
10. Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

## **2.8.- Liquidación en caso de Rescisión del Contrato**

Siempre que se rescinda el Contrato por causas anteriores o bien por acuerdo de ambas partes, se abonará al Contratista las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación del período de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de nueva adjudicación.



### **3.- Condiciones Facultativas**

---

#### **3.1.- Normas a Seguir**

Los diseños de las instalaciones térmica y eléctrica estarán de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.
- Publicaciones del Comité Electrotécnico Internacional (CEI).
- Normas de la Compañía Suministradora.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios e Instrucciones Complementarias.
- Normas UNE.
- Plan nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Lo indicado en este pliego de condiciones con preferencia a todos los códigos y normas.
- Plan general y ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

#### **3.2.- Personal**

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que haga falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligado a separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

### **4.- Pliego de Condiciones Técnicas**

---

#### **4.1.- Unidades de Obra Civil.**

##### **4.1.1.- Materiales Básicos.**

Todos los materiales básicos que se utilizarán durante la ejecución de las obras, serán de primera calidad y cumplirán las especificaciones que se exigen en las Normas y Reglamentos de la legislación vigente.

##### **4.1.2.- Recogida y limpieza de la zona.**

Se define como la limpieza y retirada de material de la zona, el trabajo consistente en extraer y retirar, de las zonas designadas, todos los materiales, objetos, o cualquier otro material no deseable para poder empezar la ejecución de la obra y al finalizarla.

Todo esto se realizará de acuerdo con las especificaciones y con los datos que, sobre el particular, incluyen los correspondientes documentos del Proyecto.

Los trabajos se realizarán de forma que produzcan la menor molestia posible a los ocupantes de las zonas próximas a las obras.



#### **4. Pliego de Condiciones.**

Los materiales no combustibles serán retirados por el Contratista de la manera y en los lugares que se establezca el facultativo encargado de las obras.

#### **4.2.- Suministro y almacenamiento.**

A continuación se define en general las condiciones de suministro y almacenamiento de los distintos tipos de sistemas y materiales que se enumeran en las partidas del documento nº 5 Presupuesto.

Todos los suministros, en especial los de gran tamaño, se deberán prever para que su estancia a pie de obra no exceda de tres días, esto significará un desahogo de material en el almacenamiento.

Los sistemas de gran o mediano tamaño que puedan resultar dañados en el transporte o instalación deben ser suministrados en jaulas de madera adecuadas y embalados con todas las protecciones necesarias para su correcto transporte y posterior almacenamiento. Estas jaulas se encontrarán sujetas a euro palets, los cuales facilitaran las labores de traslado y elevación.

En caso de los paneles y captadores solares, se advertirá en el exterior de la caja protectora la fragilidad del contenido.

Los sistemas de menor tamaño como las bombas, los sistemas electrónicos de pequeña envergadura, etc. serán embalados individualmente con todas las protecciones necesarias para su correcto transporte y posterior almacenamiento.

Las piezas y elementos de pequeño tamaño como válvulas, tornillos, soportes o tuberías se han de suministrar desmontados y embalados con todas las protecciones necesarias, de tal forma que no puedan sufrir deformaciones o desperfectos.

Los conductores se suministrarán en bobinados de entre 20 y 200 metros (según el tipo de conductor) enrollados en estructura cilíndrica de cartón rígido o madera y sujetos a la misma con fuertes sujeciones. En cada bonina se indicará el tipo de conductor y se llevará un seguimiento de los metros utilizados de cada una de ellas.

El hormigón a utilizar se suministrará en sacos de 5 kg sobre euro palets para su correcto transporte y almacenaje.

Todos los elementos antes descritos se almacenarán en lugar seco, depositados en suelo plano y a cubierto. En caso de almacenaje exterior, se cubrirán para protegerlos del agua de lluvia, impactos, humedades y de los rayos de sol. En cada embalaje se deberá indicar el elemento contenido y su peso en kilogramos, los elementos de pequeño tamaño se ven excluidos de esta condición.

#### **4.3.- Reconocimiento y ensayos previos.**

Cuando se estime oportuno el técnico Director, podrá encargar y ordenar análisis, ensayos o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en la fábrica de origen, laboratorios oficiales o en la misma obra, según crea más conveniente, aunque estos no están indicados en este pliego.

En el caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuarán en el laboratorio oficial que el Técnico Director de obra designe.



#### **4. Pliego de Condiciones.**

Los costes ocasionados por estas pruebas y comprobaciones, serán a cargo del contratista.

### **4.4.- Condiciones técnicas de los equipos térmicos.**

#### **4.4.1.- Generalidades.**

El ofertante será el responsable del suministro de todos los equipos. Todos los equipos deberán responder al RITE 1998 Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).

La sala donde se ubiquen todos los equipos del sistema térmico debe ser independiente de la sala donde se ubiquen los sistemas del sistema solar fotovoltaico, de manera que se evite la humedad o contacto del fluido con los sistemas eléctricos.

Se dispondrá de desagües en la habitación donde residen los acumuladores y las bombas, garantizándose la evacuación de agua en caso de pérdidas del fluido del sistema producidas por accidente, por mantenimiento o por otro tipo de actividad que las pueda provocar.

Así mismo no se dejará subir la temperatura en la propia habitación por encima de los 35°C por lo que el ofertante deberá estudiar dicha condición y los medios indicados en el proyecto, ventilación forzada y termostato ambiental, para que si no los considera suficiente prevea acondicionamiento de aire por refrigeración, integrada en los cuadros o ambiental para la zona donde están situados.

El mantenimiento de la instalación debe incluir el perfecto acondicionado y limpiado de la sala donde se encuentran las máquinas de interior, como pueden ser acumuladores y bombas así como el correcto lavado de los captadores solares. También deben contemplarse las catas de distintos tramos de tuberías para garantizar el correcto aislamiento y evitar la oxidación de los metales.

Se deberá tener un control exhaustivo del sistema revisando periódicamente los niveles de temperatura y presión, los cuales pueden leerse fácilmente en los sistemas de medición instalados así como estudiando el seguimiento constituido por el sistema de control.

El PH del agua caloportante debe encontrarse entre 5 y 9 a una temperatura de 20° y la salinidad no excederá de 500 mg/L totales de sales solubles. El contenido en sales de calcio del fluido no excederá de 200 mg/L expresados como contenido en carbonato cálcico y el límite de dióxido de carbono libre contenido no excederá de 50 mg/L.

Además de las especificaciones requeridas y ofrecidas, se debe incluir en la oferta:

- Memorándum de cálculos y otros que ayuden a clasificar la calidad de las instalaciones ofertadas.
- Diseños preliminares y planos de los sistemas ofertados.

En planos se empleará simbología normalizada S/UNE 20.004



#### **4.4.2.- Sistema de captación.**

Los captadores a montar deben adaptarse a las características y condiciones de trabajo de la instalación, siguiendo siempre las especificaciones y recomendaciones dadas por el fabricante. Además han de estar diseñados y contruidos de manera que sus características en uso normal sean seguras y sin riesgo para el usuario del entorno.

La carcasa de los captadores ha de ser estanca al agua de lluvia para prevenir filtraciones. Así mismo, los captadores deberán de disponer de un orificio de ventilación situado en la parte inferior para evitar condensación en su interior. Este orificio deberá de estar realizado de manera que el drenaje de la condensación no afecte al aislante y facilitar la ventilación.

Todos los materiales han de ser incombustibles y han de resistir la temperatura máxima de estancamiento. Así mismo, han de ser resistentes al choque térmico y a la exposición de la radiación UV, como a la lluvia, nieve, granizo, heladas, viento u otras inclemencias ambientales.

En la máxima temperatura de trabajo, los materiales no pueden fundirse, no pueden emitir vapores que puedan condensarse sobre otras superficies ni poder sufrir corrosiones.

Los captadores han de cumplir los ensayos requeridos en las normas UNE-EN 12975-1 y UNE-EN12975-2. Durante estos ensayos no se pueden producir ninguno de los siguientes fallos:

- No se pueden producir fugas en el absorbedor ni deformaciones que establezcan contacto de éste con la cubierta.
- Rotura o deformaciones permanentes de la cubierta de las fijaciones de la cubierta.
- Rotura o deformaciones permanentes de los puntos de fijación de la carcasa del captador.
- Acumulación de humedad dentro del captador.

Los perfiles de acero que constituyen la estructura soporte de los paneles han de tener un aspecto exterior uniforme sin defectos. No pueden tener defectos internos o externos que perjudiquen su correcta utilización. El fabricante debe proporcionar las características mecánicas y la composición química del acero.

Las diferentes partes del soporte se han de montar con tornillos, tuercas y volanderas. Deben de quedar unidas por los agujeros proporcionados por el fabricante. No se pueden efectuar nuevos agujeros ni modificar los existentes.

#### **4.4.3.- Sistema de acumulación.**

Los acumuladores deben de estar cubiertos de una capa aislante y de la envolvente exterior. La envolvente debe de disponer de un agujero de drenaje de medidas apropiadas, según la capacidad del acumulador.





#### **4. Pliego de Condiciones.**

Cada acumulador debe ser suministrado de fábrica con las tuberías de acoplamiento, debidamente soldadas antes del tratamiento de protección para las siguientes funciones:

- Entrada y salida de fluido caloportador
- Entrada y salida agua sanitaria.
- Registro para inspección del interior.
- Agujero roscado para termómetro y termostato.
- Agujero para vaciado.

Las conexiones del agua han de ser claramente identificables dependiendo de su condición de fría o caliente mediante una señal en su lado gravado de manera indeleble sobre la superficie fija o bien por señalización cromática (azul-fría, roja-caliente).

Para el desmontaje de elementos para el mantenimiento preventivo de los acumuladores no debe ser necesario su desplazamiento y la operación debe poder realizarse con herramientas ordinarias.

Las partes en contacto con el agua sanitaria serán de materiales que no puedan contaminarla.

Los acumuladores han de ser capaces de resistir la presión del agua que se produce en el uso normal. Debe disponer de dispositivos de protección contra la sobrepresión si esta supera en 1 bar la presión nominal.

##### **4.4.4.- Sistema de bombeo.**

La ejecución de la obra debe incluir las operaciones de conexión a la red de agua y a la red eléctrica, así como las pruebas pertinentes de puesta en servicio y medición de caudales y alturas manométricas.

Cada grupo de bombeo estará constituido por dos bombas de las mismas características conectadas en paralelo para asegurar el funcionamiento continuo en caso de avería o mantenimiento.

La bomba debe de estar conectada a la red que dará servicio de agua, y el motor en la línea de alimentación eléctrica. Estas dos conexiones se realizarán con especial cuidado en las posibles pérdidas de fluido que puedan producir cortocircuitos y contactos indirectos.

Las reducciones de diámetro se han de realizar con piezas cónicas, con una conicidad  $\leq 30^\circ$  y las reducciones horizontales se deben realizar excéntricas y deben quedar rasadas por la generatriz superior para evitar la formación de bolsas de aire.

El eje impulsor debe quedar en posición horizontal. El eje bomba-tubería no debe tener limitaciones en su posición, ésta debe ser la indicada en la documentación técnica o en su defecto en la documentación del fabricante.

Se debe comprobar si la tensión del motor corresponde a la disponible y si gira en el sentido conveniente.



Si la conexión de la bomba es:

- Conexión por brida:  
La estanqueidad las uniones se han de realizar mediante las juntas adecuadas.
- Conexión por rosca:  
El roscado se ha de realizar sin forzarlo ni dañar la rosca.

#### **4.4.5.- Elementos de seguridad y valvulería.**

Aunque no todas las válvulas tienen una función de seguridad se incluirán en este apartado a parte del vaso de expansión y en general otros sistemas que dotan al sistema térmico de seguridad en su instalación y explotación.

En el siguiente cuadro se representan los distintos tipos de válvulas según las funciones de trabajo a realizar.

Válvula de esfera	Aislamiento Llenado
Válvula de asiento	Equilibrado del circuito
Válvula de esfera o de macho	Vaciado Purga de aire
Válvula con resorte	Seguridad
Válvula de doble compuerta	Retención

Todos los elementos de protección y valvulería deben poder trabajar en las condiciones extremas del proyecto, temperaturas desde 0°C hasta 180°, presiones máximas de hasta 6 bares, corrosión y oxidación.

Los materiales empleados en su fabricación deben ser adecuados para estar en contacto con agua potable, no experimentando ninguna alteración al trabajar en las condiciones de servicio.

Las partes de las válvulas que se hayan de manipular han de ser accesibles. La distancia entre la válvula y los elementos que la envuelven ha de ser suficiente para permitir el desmontaje y mantenimiento.

Se revisaran exhaustivamente todos los elementos de seguridad tanto válvulas como purgadores como los sistemas eléctricos y electrónicos de control. Su revisión se llevara a cabo tanto anterior al montaje como en el propio montaje. También deberá realizarse la revisión y comprobación de funcionamiento en estado de trabajo.

Todos los elementos de seguridad obedecerán lo establecido en las normas competentes del tipo de instalación, como pueden ser las normas UNE o las normas reflejadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).

Todos los materiales que intervienen en la instalación han de ser compatibles entre ellos, por este motivo, el montaje y las conexiones de los equipos han de estar realizados con los materiales y accesorios suministrados por el fabricante o expresamente aprobados por éste.



#### **4. Pliego de Condiciones.**

El vaso o depósito de expansión debe contrarrestar las variaciones de volumen y presión que se produce en el circuito cerrado, deberá ser capaz de absorber el volumen de toda la instalación más un 10% de la presión total como mínimo. Por último, este componente debe de estar sujeto a la norma de aparatos a presión.

Las pruebas sobre todos estos sistemas deben ser realizadas por personal especializado.

##### **4.4.6.- Ensayos.**

Antes de la puesta en servicio del sistema, el Contratista deberá de realizar los ensayos adecuados para probar, a la total satisfacción del Técnico Director de obra, que todos los elementos hayan sido instalados correctamente de acuerdo con las normas establecidas y están en condiciones satisfactorias de trabajo.

Todos los ensayos serán presenciados por el Ingeniero que representa al Técnico Director de obra.

Los resultados de los ensayos serán pasados en informes indicando la fecha y nombre de la persona a cargo del ensayo, así como la categoría profesional.

Antes de poner en funcionamiento el sistema, se deberá someter a la instalación los ensayos que se indica:

- Comprobación de la estanqueidad de los aparatos, tuberías, válvulas intercambiador y demás sistemas que puedan ser susceptibles a pérdidas.
- Comprobación del correcto funcionamiento de los grupos hidráulicos y puesta en marcha de las dos bombas que los componen independientemente.
- Medición de las pérdidas de carga reales producidas en los distintos circuitos.
- Comprobación del correcto conexionado del intercambiador de calor.
- Revisión de la adecuada posición de las válvulas (abierto o cerrado), así como la correcta posición y funcionamiento de los purgadores.
- Comprobación de la efectividad de los aislamientos, esta tarea se realizará cuando se alcance una temperatura significativa en el circuito.
- Toma de datos y revisión de la correcta instalación y funcionamiento del sistema de control, el ensayo incluirá la comprobación de todos los sensores, verificación de las órdenes de mando y simulación de los acontecimientos adversos en los cuales el sistema debe actuar.
- Vigilancia del sistema puesto en marcha durante tres días consecutivos, control de todos los sistemas de medición y verificación de la normalidad de los datos leídos.

#### **4.5.- Condiciones técnicas de los equipos eléctricos.**

##### **4.5.1.- Generalidades.**

El ofertante será el responsable del suministro de los equipos eléctricos. La mínima protección será IP54, según DIN 40050, garantizándose una protección contra depósitos nocivos de polvo y salpicaduras de agua; garantía de protección contra derivaciones.

Se preverán prensaestopas de aireación en las partes inferiores de los armarios y en los armarios grandes se dispondrán en la parte inferior y superior, para garantizar mejor la circulación del aire.



#### **4. Pliego de Condiciones.**

Así mismo no se dejará subir la temperatura en la zona de los cuadros eléctricos y de instrumentación por encima de los 35°C por lo que el ofertante deberá estudiar dicha condición y los medios indicados en el proyecto, ventilación forzada y termostato ambiental, para que si no los considera suficiente prevea acondicionamiento de aire por refrigeración, integrada en los cuadros o ambiental para la zona donde están situados.

Así pues todos los armarios incorporarán además como elementos auxiliares propios, los siguientes accesorios:

- Ventilación forzada e independiente del exterior. Resistencia de calentamiento.
- Refrigeración, en caso de que se requiera.
- Dispositivo químico-pasivo de absorción de la humedad.
- Iluminación interior.
- Seguridad de intrusismo y vandalismo.
- Accesibilidad a todos sus módulos y elementos.

Se tendrán en cuenta las condiciones ambientales de uso. Por ello, se aplicará la clasificación 721-2 de polvo, arena, niebla salina, viento, etc. según norma IEC 721.

Para determinar los dispositivos de protección en cada punto de la instalación se deberá calcular y conocer:

- La intensidad de empleo en función del coste. Fin, simultaneidad, utilización y factores de aplicación previstos e imprevistos.
- La intensidad del cortocircuito.
- El poder de corte del dispositivo de protección, que deberá ser mayor que la Intensidad de cortocircuito del punto en el cual está instalado.
- La coordinación del dispositivo de protección con el aparellaje situado aguas abajo.
- La selectividad a considerar en cada caso, con otros dispositivos de protección situados aguas arriba.

Se determinará la sección de fases y la sección de neutro en función de protegerlos contra sobrecargas, verificándose:

- La intensidad que pueda soportar la instalación será mayor que la intensidad de empleo, previamente calculada.
- La caída de tensión en el punto más desfavorable de la instalación será inferior a la caída de tensión permitida, considerados los casos más desfavorables, como por ejemplo tener todos los equipos en marcha con las condiciones ambientales extremas.
- Las secciones de los cables de alimentación general y particular tendrán en cuenta los consumos de las futuras ampliaciones.
- Se verificará la relación de seguridad ( $V_c / V_L$ ), tensión de contacto menor o igual a la tensión límite permitida según los locales MI-BT021, protección contra contactos directos e indirectos.
- La protección contra sobrecargas y cortocircuitos se hará, preferentemente, con interruptores automáticos de alto poder de cortocircuito, con un poder de corte aproximado de 50 KA, y tiempo de corte inferior a 10 ms. Cuando se prevean intensidades de cortocircuito superiores a las 50 KA, se colocarán limitadores de poder de corte mayor que 100 KA y tiempo de corte inferior a 5 ms.



#### **4. Pliego de Condiciones.**

Así mismo poseerán bloques de contactos auxiliares que discriminen y señalicen el disparo por cortocircuito, del térmico, así como posiciones del mando manual.

Idéntica posibilidad de rearme a distancia tendrán los detectores de defecto a tierra.

Las curvas de disparo magnético de los disyuntores, L-V-D, se adaptarán a las distintas protecciones de los receptores.

Cuando se empleen fusibles como limitadores de corriente, éstos se adaptarán a las distintas clases de receptores, empleándose para ello los más adecuados, ya sean aM, gF, gL o gT, según la norma UNE 21-103.

Todos los relés auxiliares serán del tipo enchufable en base tipo undecal, de tres contactos inversores, equipados con contactos de potencia, (10 A. para carga resistiva, cos.  $\phi=1$ ), aprobados por UL.

La protección contra choque eléctrico será prevista, y se cumplirá con las normas UNE 20-383 y MI-BT021.

La determinación de la corriente admisible en las canalizaciones y su emplazamiento será, como mínimo, según lo establecido en MI BT004. La corriente de las canalizaciones será 1.5 veces la corriente admisible.

Las caídas de tensión máximas autorizadas serán según MI BT017, siendo el máximo, en el punto más desfavorable, del 3% en iluminación y del 5% en fuerza. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente, en las condiciones atmosféricas más desfavorables.

Los conductores eléctricos usarán los colores distintivos según normas UNE, y serán etiquetados y numerados para facilitar su fácil localización e interpretación en los planos y en la instalación.

El sistema de instalación será según la instrucción MI BT018 y otras por interiores y receptores, teniendo en cuenta las características especiales de los locales y tipo de industria.

El ofertante debe detallar en su oferta todos los elementos y equipos eléctricos ofrecidos, indicando nombre de fabricante.

Además de las especificaciones requeridas y ofrecidas, se debe incluir en la oferta:

- Memorándum de cálculos de carga, de iluminación, de tierra, protecciones y otros que ayuden a clasificar la calidad de las instalaciones ofertadas.
- Diseños preliminares y planos de los sistemas ofertados.

En planos se empleará simbología normalizada S/UNE 20.004

Se tenderá a homogeneizar el tipo de esquema, numeración de borneros de salida y entrada y en general todos los elementos y medios posibles de forma que facilite el mantenimiento de las instalaciones.



#### **4.5.2.- Cuadros eléctricos.**

En los cuadros eléctricos se incluirán pulsadores frontales de marcha y parada, con señalización del estado de cada aparato (funcionamiento y avería).

El concursante razonará el tipo elegido, indicando las siguientes características:

- Estructura de los cuadros, con dimensiones, materiales empleados (perfiles, chapas, etc...), con sus secciones o espesores, protección antioxidante, pinturas, etc.
- Compartimentos en que se dividen.
- Elementos que se alojan en los cuadros (embarrados, aisladores, etc...), detallando los mismos.
- Interruptores automáticos.
- Salida de cables, relés de protección, aparatos de medida y elementos auxiliares.

Protecciones que, como mínimo, serán:

- Mínima tensión, en el interruptor general automático. Sobrecarga en cada receptor.
- Cortocircuitos en cada receptor.
- Defecto a tierra, en cada receptor superior a 10 CV. En menores reagrupados en conjunto de máximo 4 elementos. Estos elementos deben ser funcionalmente semejantes.

Se proyectarán y razonarán los enclavamientos en los cuadros, destinados a evitar falsas maniobras y para protección contra accidentes del personal, así como en el sistema de puesta a tierra del conjunto de las cabinas.

La distribución del cuadro será de tal forma que la alimentación sea la celda central y a ambos lados se vayan situando las celdas o salidas cuando sea necesario.

En las tapas frontales se incluirá un sinóptico con el esquema unipolar plastificado incluyendo los aparatos de indicación, marcha, protección y título de cada elemento con letreros también plastificados.

Se indicarán los fabricantes de cada uno de los elementos que componen los cuadros y el tipo de los mismos.

Características:

- Fabricante: A determinar por el contratista.
- Tensión nominal de empleo: 400 V.
- Tensión nominal de aislamiento: 1000 V.
- Tensión de ensayo: 2.500 V durante 1 segundo.
- Intensidades nominales en el embarrado horizontal: 500, 800, 1.000, 1.250, 2.500 amperios.
- Resistencia a los esfuerzos electrodinámicos de cortocircuitos: 50 KA.
- Protección contra agentes exteriores: IP-54, según IEC, UNE, UTE y DIN.
- Dimensiones: varias, con longitud máxima de 2000 mm.



#### **4.5.3.- Armario de Mando y Control**

La función del armario de mando y control reside en la ubicación en su interior de los aparatos de mando, alarmas, medición y protección, con las siguientes características:

- Regleta de bornas de prueba para instrumentos de medidas y relés de protección.
- Sinóptico, amperímetros, voltímetros, lámparas de señalización y pulsadores de maniobra.
- Imprimación y dos capas de pintura.

#### **4.5.4.- Red de puesta a Tierra**

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24 V, respecto de la tierra.

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, así como enchufes, etc., dispondrán de su toma de tierra, conectada a una red general independiente de la de los centros de transformación y de acuerdo con el reglamento de B.T.

Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc.

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación además de reforzar la red con aditivos químicos.

La resistencia mínima a corregir no alcanzará los 4 ohmios.

La estructura de obra civil será conectada a tierra. Todos los empalmes serán tipo soldadura aluminotérmica sistema CADWELL o similar.

#### **4.5.5.- Ensayos eléctricos.**

Antes de la puesta en servicio del sistema eléctrico, el Contratista deberá de realizar los ensayos adecuados para probar, a la total satisfacción del Técnico Director de obra, que todos los equipos, aparatos, y cableados han estado instalados correctamente de acuerdo con las normas establecidas y están en condiciones satisfactorias de trabajo.

Todos los ensayos serán presenciados por el Ingeniero que representa al Técnico Director de obra.

Los resultados de los ensayos serán pasados en informes indicando la fecha y nombre de la persona a cargo del ensayo, así como la categoría profesional.



#### **4. Pliego de Condiciones.**

Antes de poner en funcionamiento las instalaciones, se deberá someter a los cables los ensayos que se indican:

- Alimentación a los cuadros. Con el receptor desconectado medir la resistencia de aislamiento desde el lado de la salida de los arrancadores.
- Maniobra de los equipos de interconexión. Con los cables conectados a las estaciones de maniobra y a los dispositivos de protección y mando medirla resistencia de aislamiento entre fases y tierra.
- Alumbrado y fuerza. Medir la resistencia de aislamiento de todos los aparatos que han estado conectados.
- Se comprobará la puesta a tierra para determinar la continuidad de los cables de tierra y de sus conexiones y se medirá la resistencia de los electrodos de tierra.
- Se comprobarán todas las alarmas del equipo eléctrico para comprobar el funcionamiento adecuado, haciéndolas activar simulando condiciones anormales.
- Se comprobarán los cargadores de baterías para comprobar su funcionamiento correcto de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes.
- Todas las lámparas de señalización se verificarán a través de un pulsador de prueba.

##### **4.5.6.- Medida del Consumo.**

El sistema eléctrico de la instalación contará con el correspondiente equipo de medida, con contador de Energía Activa triple tarifa sentido generador-red, contador de Energía Reactiva sentido red-generador, reloj triple tarifa con discriminación semanal y Contador de Energía Activa sentido red-generador, siguiendo las normas de la Compañía suministradora.

Los contadores tendrán indicación local y salida digitalizada para transmisión a distancia, homologada por la compañía.

De todo ello se indicarán las marcas y características.

Los contadores serán verificados y precintados por el organismo de industria correspondiente.





Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Industrial



# **Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

## **5. Presupuesto.**



INDICE.

<b>1.- Presupuesto de la instalación.....</b>	<b>2</b>
1.1.- <i>Instalación solar térmica.....</i>	3
1.1.1.- Unidades de obra.....	3
1.1.1.1.- Sistema de captación solar.....	3
1.1.1.2.- Tuberías y aislamientos.....	3
1.1.1.3.- Sistema de acumulación.....	5
1.1.1.4.- Sistema de intercambio y auxiliar.....	5
1.1.1.5.- Sistema de control.....	6
1.1.1.6.- Valvulería y varios.....	7
1.1.1.7.- Varios.....	10
1.1.2.- Mediciones.....	10
1.1.2.1.- Sistema de captación solar.....	10
1.1.2.2.- Tuberías y aislamientos.....	11
1.1.2.3.- Sistema de acumulación.....	12
1.1.2.4.- Sistema de intercambio y auxiliar.....	12
1.1.2.5.- Sistema de control.....	13
1.1.2.6.- Valvulería y varios.....	13
1.1.2.7.- Varios.....	15
1.1.3.- Presupuesto.....	16
1.1.3.1.- Sistema de captación solar.....	16
1.1.3.2.- Tuberías y aislamientos.....	16
1.1.3.3.- Sistema de acumulación.....	18
1.1.3.4.- Sistema de intercambio y auxiliar.....	18
1.1.3.5.- Sistema de control.....	19
1.1.3.6.- Valvulería y varios.....	20
1.1.3.7.- Varios.....	22
1.1.4.- Resumen del presupuesto para la instalación solar térmica.....	23
1.2.- <i>Instalación solar fotovoltaica.....</i>	24
1.2.1.- Unidades de obra.....	24
1.2.1.1.- Generador fotovoltaico.....	24
1.2.1.2.- Inversores e instalación de enlace.....	26
1.2.1.3.- Puesta a tierra.....	28
1.2.1.4.- Obra civil.....	28
1.2.2.- Mediciones.....	29
1.2.2.1.- Generador fotovoltaico.....	29
1.2.2.2.- Inversores e instalación de enlace.....	31
1.2.2.3.- Puesta a tierra.....	32
1.2.2.4.- Obra civil.....	33
1.2.3.- Presupuesto.....	33
1.2.3.1.- Generador fotovoltaico.....	33
1.2.3.2.- Inversores e instalación de enlace.....	35
1.2.3.3.- Puesta a tierra.....	37
1.2.3.4.- Obra civil.....	38
1.2.4.- Resumen del presupuesto para la instalación solar fotovoltaica.....	39
1.3.- <i>Resumen del presupuesto total de la instalación.....</i>	40



## 1.- Presupuesto de la instalación.

El presupuesto de la instalación se divide en cada una de las partes en la que está compuesta, separando los costes entre la instalación solar térmica y la instalación solar fotovoltaica. También se divide la definición de cada elemento como unidad de obra y más adelante la medición de cada elemento que compone la instalación junto con el presupuesto total.

Los precios indicados son sin la aplicación del 16% de IVA. Cada equipo y material descrito será suministrado por los siguientes distribuidores.

Salvador Escoda S.A. Provença, 392 pl. 1 y 2 08025 Barcelona Tel. 93 446 27 80 Fax 93 456 90 32	Saunier Duval S.A. José Luis Goyoaga 36, 48950 Erandio (Vizcaya) Tel. 902 45 55 65
Solever S.A. Sierra Albarracín nº 1 28946 Fuenlabrada Tel. 91 642 18 09 Fax. 91 642 01 60	Electrolux S.A. C/ Albacete 3 C 28027 Madrid Tel. 90 214 41 45 Fax. 91 528 85 80
Ibersolar S.A. Pol. Ind. Camí Ral - C/ Isaac Peral 13, 08850 Gavà (Barcelona) Tel. 93 635 04 40 Fax. 93 665 45 10	HILTI Hilti Española S.A. Avda. Fuente de la Mora, 2. Edificio I 28050 Madrid Tel. 91 563 77 22

A continuación se dispone a hacer el desglose de los sistemas instalados, unidades de obra, mediciones y presupuestos.



## 1.1.- Instalación solar térmica.

### 1.1.1.- Unidades de obra.

#### 1.1.1.1.- Sistema de captación solar.

Código	Descripción	Precio €
IT/E.1.	<b>Ud. Captador solar</b> Solever 3.0 TINOX. Captador solar plano de alto rendimiento para calentamiento de agua. Superficie útil 2,66m <sup>2</sup> con posibilidad de montaje en horizontal. Vidrio solar ESG altamente transparente de 3,2 mm de espesor con mayor coeficiente de transmisión, a prueba de granizo según la EN12975 y estructura ligera para un óptimo comportamiento de ángulo. Carcasa en aluminio extruido, forma de bañera autoportante. Resistente en ambientes máximos. Junta entre bañera y marco de EPDM con esquinas vulcanizadas. Aislamiento de lana mineral de 60mm. Absorbedor de superficie total, de cobre soldado por ultrasonido con tecnología de conexión 4 puntos. Distancia entre tubos 96 mm, con tratamiento de superficie en vacío. Uniones flexibles con abrazaderas de ajuste rápido. Incluido p.p. de material y accesorios. Totalmente montado y conectado hidráulicamente, y sujetado físicamente a la estructura.	810,00
IT/E.2.	<b>Ud. Estructura soporte</b> estándar para captadores solares HILTI en aluminio. Apropiada para cubiertas horizontales y que permite la inclinación especificada en el proyecto. Suportación de seis captadores en vertical por batería. En el precio se incluye el vaciado correspondiente de hormigón para las zapatas. Tornillos y accesorios.	764,30
IT/E.3.	<b>Ud. Funda de captadores.</b> Tela reflectante de aluminio pulido brillante para los meses con exceso de aportación de calor.	70,85

#### 1.1.1.2.- Tuberías y aislamientos.

Código	Descripción	Precio €
IT/E.4.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø35mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	7,35
IT/E.5.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø28mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	6,40



## 5. Presupuesto.

IT/E.6.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø22mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	5,85
IT/E.7.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø18mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	5,23
IT/E.8.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø15mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	4,32
IT/E.9.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible K-FLEX SÓLAR</b> forrado con PVC Ø35x40 de espesor especialmente diseñado para aislamiento de circuitos de instalaciones térmicas solares exteriores. El forro de PVC pegado por extrusión elastómero. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	10,55
IT/E.10.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible K-FLEX SÓLAR</b> forrado con PVC Ø28x30 de espesor especialmente diseñado para aislamiento de circuitos de instalaciones térmicas solares exteriores. El forro de PVC pegado por extrusión elastómero. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	9,35
IT/E.11.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible K-FLEX SÓLAR</b> forrado con PVC Ø22x30 de espesor especialmente diseñado para aislamiento de circuitos de instalaciones térmicas solares exteriores. El forro de PVC pegado por extrusión elastómero. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	8,20
IT/E.12.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible K-FLEX SÓLAR</b> HT Ø35x30 de espesor solución elastomérica idónea para el aislamiento de circuitos de fluido calorportante en instalaciones térmicas solares de interior. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	8,30
IT/E.13.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible K-FLEX SÓLAR</b> HT Ø18x20 de espesor solución elastomérica idónea para el aislamiento de circuitos de fluido calorportante en instalaciones térmicas solares de interior. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	8,08
IT/E.14.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible K-FLEX SÓLAR</b> HT Ø15x20 de espesor solución elastomérica idónea para el aislamiento de circuitos de fluido calorportante en instalaciones térmicas solares de interior. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	7,60

**1.1.1.3.- Sistema de acumulación.**

Código	Descripción	Precio €
IT/E.15.	<b>Ud. Acumulador solar</b> Salvador Escoda ACS408 3000T con tratamiento SmaltoPLAST de polvo termoplástico de revestimiento que ofrece y garantiza una larga protección contra corrosión, permitiendo temperaturas de hasta 80°C en la acumulación. Ánodo electrónico por corriente impresa (CORREX) para protección permanente. Capacidad útil de 3000L. Presión de trabajo 8bar. Aislamiento de poliuretano de 80mm de espesor recubierto de PVC. Dimensiones: Altura 2,59m y diámetro 1,41m. Peso 315Kg.	3.653,00
IT/E.16.	<b>Ud. Acumulador solar final</b> Salvador Escoda BRVF 1000 con intercambiador de serpentín interior de 2,9m <sup>2</sup> . Tratamiento interior esmaltado inorgánico (VITRIFICADO). Temperatura máxima de funcionamiento 99°C. Protección catódica con ánodos de magnesio AM1+AT1. Capacidad útil de 1000L. Presión de trabajo 6 y 12 bares. Aislamiento de poliuretano flexible de 70mm de espesor acabado en skai. Dimensiones: Altura 2,09m y diámetro 0,94m. Peso 285Kg.	2.646,00

**1.1.1.4.- Sistema de intercambio y auxiliar.**

Código	Descripción	Precio €
IT/E.17.	<b>Ud. Vaso de expansión</b> Salvador Escoda 18 SMF cilíndrico de membrana fija de caucho sintético recambiable y para una temperatura máxima de servicio de 130°C. Con válvula de presión de aire en la cámara de gas debidamente protegida. Conexión a tubería de agua de 3/4". Presión máxima de servicio de 10 bares y precarga de 2,5 bares. Protección exterior, sobre una superficie fosfatada y terminación con pintura esmaltada en rojo. Dimensiones 270x405mm. Incluido p.p. de accesorios, suministro, montaje, instalación, conexión, carga de gas y correcto funcionamiento.	30,16
IT/E.18.	<b>Ud. Intercambiador de calor</b> Salvador Escoda M3FG 40 kW exterior de placas. Intercambiador de placas desmontables con 28 placas y 30 paneles. Con potencia de 34.200 Kcal/h lo que es lo mismo 40kW. Caudal de circuito primario y secundario 3.600L/h y pérdida de carga 2,06 y 2,08 m.c.a. respectivamente.	1.257,00
IT/E.19.	<b>Ud. Bomba del circuito primario.</b> Bomba simple de rotor húmedo Wilo Top-S 25/10 EM de Solever. Conexión roscada y embreada Rp1 de 30mm. Con altura de impulsión nominal de 10 m.c.a. para un caudal de 0m <sup>3</sup> /h. Alimentación monofásica a 50Hz con regulador electrónico de tres velocidades.	436,00



## 5. Presupuesto.

IT/E.20.	<b>Ud. Bomba del circuito secundario.</b> Bomba simple de circulación Wilo Top-Z 30/7 EM de Solever. Conexión roscada y embreada Rp1 1/4 de 30mm. Con altura de impulsión nominal de 7 m.c.a. para un caudal de 0m <sup>3</sup> /h. Alimentación monofásica a 50Hz con regulador electrónico de tres velocidades. Contruido en bronce.	510,80
IT/E.21.	<b>Ud. Bomba de recirculación.</b> Bomba simple de recirculación de ACS Wilo Star-Z 25/2 EM de Solever. Conexión roscada para ACS Rp1 de 15mm. Con altura de impulsión nominal de 2,5 m.c.a. para un caudal de 0m <sup>3</sup> /h. Alimentación monofásica a 50Hz. Con válvula antiretorno y de corte de esfera integradas.	300,70
IT/E.22.	<b>Ud. Caldera de condensación para ACS.</b> Caldera de pie, modular de condensación para ACS Saunier Duval Thermosystem Condens F120/2 con 120kW de potencia máxima. Con gran capacidad de modulación, entre 12 y 100% de la potencia nominal y una gran eficacia estándar del orden del 110%. Provisto de tres módulos de potencia que hacen posible la operatividad óptima y un funcionamiento redundante. Bajas emisiones de humos y gases nocivos. Se encuentra totalmente preensamblada para su correcta instalación. Incluye: Sonda exterior, compensador hidráulico, caja de neutralización de condensados, módulo de velocidad variable bomba, etc.	8.395,00
IT/E.23.	<b>Ud. Lavavajillas.</b> Lavavajillas bitérmico ESF 66710 X de ELECTROLUX. Doble entrada de agua, agua fría y agua caliente. Termostato sensor de temperatura a la entrada del agua y control electrónico. Clasificación energética AAA (Energía, lavado y secado). Con nivel de ruidos de 47dB y programa de ahorro de agua con un gasto de 12L por lavado. Sistema de seguridad tubo de agua PLEX con antidesbordamiento. Alimentación monofásica a 220-240V y 50Hz.	432,20

## 1.1.1.5.- Sistema de control.

Código	Descripción	Precio €
IT/E.24.	<b>Ud. Centralita de regulación.</b> RESOL MIDI-PRO de Salvador Escoda. Control multifunción para su aplicación en sistemas de 1 hasta 2 fuentes de calor y hasta 4 receptores. Adaptable a sistemas individuales con opciones adicionales posteriores. 6 entradas para sondas y 6 salidas de relés de, tres relés estándar y tres relés semiconductores para el control de la velocidad de las bombas. Conexión de V-Bus para obtención de datos a distancia, transmisión de datos, PC o módulos adicionales, DFA, WMZ. Pantalla de visualización digital.	538,00



## 5. Presupuesto.

IT/E.25.	<b>Ud. Sonda de temperatura</b> de inmersión de platino PT100 FKP de uso exterior para captadores solares con cable de silicona resistente a las inclemencias meteorológicas con temperaturas comprendidas entre -50 °C y +180 °C.	24,00
IT/E.26.	<b>Ud. Sonda de temperatura</b> de inmersión de platino PT1000 FRP de uso interior para acumuladores con cable de PVC para temperaturas comprendidas entre -5 °C y + 80 °C.	24,00
IT/E.27.	<b>Ud. Sonda de radiación solar.</b> Célula solar CS10 en la que la corriente aumenta proporcionalmente a la intensidad de irradiación. El cable puede alargarse hasta 200m o hasta 200Ω.	37,55
IT/E.28.	<b>Cableado eléctrico.</b> Los cables de las sondas son de bajo voltaje, incompatible con voltajes superiores a 50 voltios. Las secciones para cables de 100m deberán ser de 1,5mm <sup>2</sup> mientras que para cableado de 50m la sección deberá ser de 0,75mm <sup>2</sup> . Para altos voltajes deberá utilizar cables especiales. Las sondas no deben entrar en contacto directo con el agua se deben utilizar vainas de inmersión.	0,88
IT/E.29.	<b>Ud. Bus de conexiones, interface y software.</b> Bus de conexiones V-BUS para RESOL con gestor de datos Datalogger DL2 con posibilidad de conexión a MODEM wifi o cable USB a PC con el adaptador de interfaz V-BUS/USB. PC común portátil con el RESOL Service Center Software.	635,25

## 1.1.1.6.- Valvulería y varios.

Código	Descripción	Precio €
IT/E.30.	<b>Ud. Válvula de corte 1 3/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	7,61
IT/E.31.	<b>Ud. Válvula de corte 1 1/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 1 1/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	6,54
IT/E.32.	<b>Ud. Válvula de corte 7/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 7/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	5,87





## 5. Presupuesto.

IT/E.33.	<b>Ud. Válvula de seguridad 1 3/8".</b> Suministro y montaje de válvula de seguridad o control de presión de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	8,78
IT/E.34.	<b>Ud. Válvula de seguridad 1 1/8".</b> Suministro y montaje de válvula de seguridad o control de presión de 1 1/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	8,12
IT/E.35.	<b>Ud. Válvula de seguridad 7/8".</b> Suministro y montaje de válvula de seguridad o control de presión de 7/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	7,76
IT/E.36.	<b>Ud. Válvula antiretorno 1 3/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	10,27
IT/E.37.	<b>Ud. Válvula de tres vías 1 3/8".</b> Suministro y montaje de válvula de 3 vías por bypass disipación de 1 3/8" de diámetro nominal, de 16 bar de PN con accionamiento a 230V AC, instalada y conectada. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	127,13
IT/E.38.	<b>Ud. Reducciones 1 3/8".</b> Suministro y montaje de reducciones de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	8,23
IT/E.39.	<b>Ud. Reducciones 1 1/8".</b> Suministro y montaje de reducciones de 1 1/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	7,35
IT/E.40.	<b>Ud. Reducciones 7/8".</b> Suministro y montaje de reducciones de 7/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	6,09
IT/E.41.	<b>Ud. Purgador 7/8".</b> Suministro y montaje de un purgador automático para una presión máxima de 6kg/cm <sup>2</sup> y temperatura máx. 110°C de 7/8" de diámetro nominal, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipado, instalado y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	13,18



## 5. Presupuesto.

IT/E.42.	<b>Ud. Manómetro.</b> Suministro y montaje de un purgador automático para una presión máxima de 6kg/cm <sup>2</sup> y temperatura máx. 110°C de ¾" de diámetro nominal, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipado, instalado y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	11,75
IT/E.43.	<b>Ud. Termómetro.</b> Suministro y montaje de un termómetro para temperaturas de 0-120°C, longitud sonda de 50mm, mediante unión roscada y accesorio a tubería de cobre, totalmente equipado, instalado y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	12,93
IT/E.44.	<b>Ud. Entrada depósito 1 3/8".</b> Suministro y montaje de ensanchamiento de entrada a depósito de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	9,53
IT/E.45.	<b>Ud. Salida depósito 1 3/8".</b> Suministro y montaje de reducción de salida a depósito de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón, mediante unión roscada a tubería de cobre, totalmente equipada, instalada y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	8,61
IT/E.46.	<b>Ud. Codo 1 3/8".</b> Suministro y montaje de codos de 1 3/8" de diámetro nominal, de cobre, mediante unión roscada a tubería de cobre, totalmente equipados, instalado y puesta en servicio.	2,08
IT/E.47.	<b>Ud. Codo 1 1/8".</b> Suministro y montaje de codos de 1 1/8" de diámetro nominal, de cobre, mediante unión roscada a tubería de cobre, totalmente equipados, instalado y puesta en servicio.	1,42
IT/E.48.	<b>Ud. Codo 7/8".</b> Suministro y montaje de codos de 7/8" de diámetro nominal, de cobre, mediante unión roscada a tubería de cobre, totalmente equipados, instalado y puesta en servicio.	0,84
IT/E.49.	<b>Ud. T recta 1 3/8".</b> Suministro y montaje de T recta y de 1 3/8" de diámetro nominal, de cobre, mediante unión roscada a tubería de cobre, totalmente equipados, instalado y puesta en servicio. En el ramal de distribución de ida.	3,48
IT/E.50.	<b>Ud. T recta 1 1/8".</b> Suministro y montaje de T recta y de 1 1/8" de diámetro nominal, de cobre, mediante unión roscada a tubería de cobre, totalmente equipados, instalado y puesta en servicio. En el ramal de distribución de ida.	2,67
IT/E.51.	<b>Ud. T recta 7/8".</b> Suministro y montaje de T recta y de 7/8" de diámetro nominal, de cobre, mediante unión roscada a tubería de cobre, totalmente equipados, instalado y puesta en servicio. En el ramal de distribución de ida.	1,89
IT/E.52.	<b>Ud. Filtro mecánico.</b> Suministro y montaje de filtro mecánico para tubos de 1 3/8" de diámetro nominal, de fibras, mediante unión embreada. Totalmente equipados, instalado y puesta en servicio. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	14,30



## 5. Presupuesto.

IT/E.53.	<b>Ud. Sistema de llenado del circuito primario.</b> Suministro y montaje de un sistema de llenado automático, formado por un grupo de presión, depósito de 250 litros con interruptor de nivel y válvula de retención, totalmente equipados, instalado, conexión a red y en funcionamiento. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	589,25
----------	---	--------

### 1.1.1.7.- Varios.

Código	Descripción	Precio €
IT/E.54.	<b>Ud. Elementos de seguridad.</b> Elementos de seguridad y señalización de la obra según estudio de planes de seguridad y salud.	102,27
IT/E.55.	<b>Ud. Elevación del material a las cubiertas.</b> Elevación de los materiales correspondientes a captadores, estructura, tuberías al tejado, mediante grúa telescópica sobre camión con capacidad para elevar hasta 1T a 25m. Los industriales y subministradores deberán de ponerse de acuerdo para la elevación de todo el material en un único día.	249,00
IT/E.56.	<b>Ud. Obra civil.</b> Ejecución de la obra civil con su reglamentación y requisitos de ejecución. Finalización de la obra. Incluye mano de obra, herramientas auxiliares, suministro, transporte y almacenamiento de materiales.	2016,00

### 1.1.2.- Mediciones.

#### 1.1.2.1.- Sistema de captación solar.

Código	Descripción	Medida
IT/E.1.	<b>Captador solar</b> Solever 3.0 TINOX. Captador solar plano de alto rendimiento para calentamiento de agua. Superficie útil 2,66m <sup>2</sup> con posibilidad de montaje en horizontal.	24
IT/E.2.	<b>Estructura soporte</b> estándar para captadores solares HILTI en aluminio. Apropiada para cubiertas horizontales. Suportación de seis captadores en vertical por batería.	4
IT/E.3.	<b>Funda de captadores.</b> Tela reflectante de aluminio pulido brillante para los meses con exceso de aportación de calor.	4



1.1.2.2.- Tuberías y aislamientos.

Código	Descripción	Medida
IT/E.4.	<b>Tubería de cobre</b> de Ø35mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios.	97
IT/E.5.	<b>Tubería de cobre</b> de Ø28mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios.	60
IT/E.6.	<b>Tubería de cobre</b> de Ø22mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios.	25
IT/E.7.	<b>Tubería de cobre</b> de Ø18mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios.	21
IT/E.8.	<b>Tubería de cobre</b> de Ø15mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios.	59
IT/E.9.	<b>Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR forrado con PVC Ø35x40 para aislamiento de circuitos de instalaciones térmicas solares exteriores.	34
IT/E.10	<b>Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR forrado con PVC Ø28x30 de espesor para aislamiento de circuitos de instalaciones térmicas solares exteriores.	60
IT/E.11	<b>Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR forrado con PVC Ø22x30 de espesor para aislamiento de circuitos de instalaciones térmicas solares exteriores.	26
IT/E.12	<b>Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR HT Ø35x30 de espesor para el aislamiento de circuitos de fluido calorportante en instalaciones térmicas solares de interior.	63
IT/E.13	<b>Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR HT Ø18x20 de espesor para el aislamiento de circuitos de fluido calorportante en instalaciones térmicas solares de interior.	21
IT/E.14	<b>Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR HT Ø15x20 de espesor para el aislamiento de circuitos de fluido calorportante en instalaciones térmicas solares de interior.	59



### 1.1.2.3.- Sistema de acumulación.

Código	Descripción	Medida
IT/E.15	<b>Acumulador solar</b> Salvador Escoda ACS408 3000T con tratamiento SmaltoPLAST de polvo termoplástico. Capacidad útil de 3000L. Presión de trabajo 8bar. Aislamiento de poliuretano de 80mm de espesor y recubierto de PVC	2
IT/E.16	<b>Acumulador solar final</b> Salvador Escoda BRVF 1000 con intercambiador de serpentín interior de 2,9m <sup>2</sup> . Tratamiento interior esmaltado inorgánico. Temperatura máxima de funcionamiento 99°C. Capacidad útil de 1000L. Presión de trabajo 6 y 12 bares	1

### 1.1.2.4.- Sistema de intercambio y auxiliar.

Código	Descripción	Medida
IT/E.17	<b>Vaso de expansión</b> Salvador Escoda 18 SMF cilíndrico de membrana fija de caucho para una temperatura máxima de servicio de 130°C. Con válvula de presión de aire en la cámara de gas debidamente protegida.	1
IT/E.18	<b>Intercambiador de calor</b> Salvador Escoda M3FG 40 kW exterior de placas. Intercambiador de placas desmontables con 28 placas y 30 paneles. Con potencia de 34.200 Kcal/h.	1
IT/E.19	<b>Bomba del circuito primario.</b> Bomba simple de rotor húmedo Wilo Top-S 25/10 EM de Solever. Conexión roscada y embreadada Rp1 de 30mm.	2
IT/E.20	<b>Bomba del circuito secundario.</b> Bomba simple de circulación Wilo Top-Z 30/7 EM de Solever. Conexión roscada y embreadada Rp1 1/4 de 30mm.	2
IT/E.21	<b>Bomba de recirculación.</b> Bomba simple de recirculación de ACS Wilo Star-Z 25/2 EM de Solever. Conexión roscada para ACS Rp1 de 15mm.	1
IT/E.22	<b>Caldera de condensación para ACS.</b> Caldera de pie, modular de condensación para ACS Saunier Duval Thermosystem Condens F120/2 con 120kW de potencia máxima. Con gran capacidad de modulación, entre 12 y 100% de la potencia nominal y una gran eficacia estándar del orden del 110%.	1
IT/E.23	<b>Lavavajillas.</b> Lavavajillas bitérmico ESF 66710 X de ELECTROLUX. Doble entrada de agua, agua fría y agua caliente. Termostato sensor de temperatura a la entrada del agua y control electrónico.	3

**1.1.2.5.- Sistema de control.**

Código	Descripción	Medida
IT/E.24	<b>Centralita de regulación.</b> RESOL MIDI-PRO de Salvador Escoda. Control multifunción para su aplicación en sistemas de 1 hasta 2 fuentes de calor y hasta 4 receptores. Adaptable a sistemas individuales con opciones adicionales posteriores con 6 entradas y 6 salidas.	1
IT/E.25	<b>Sonda de temperatura</b> de inmersión de platino PT100 FKP de uso exterior para captadores solares con cable de silicona.	1
IT/E.26	<b>Sonda de temperatura</b> de inmersión de platino PT1000 FRP de uso interior para acumuladores con cable de PVC.	4
IT/E.27	<b>Sonda de radiación solar.</b> Célula solar CS10 en la que la corriente aumenta proporcionalmente a la intensidad de irradiación.	1
IT/E.28	<b>Cableado eléctrico.</b> Cables eléctricos de cobre de bajo voltaje. Secciones de 0,75 y 1,5 mm <sup>2</sup> . Para altos voltajes deberá utilizar cables especiales.	68
IT/E.29	<b>Bus de conexiones, interface y software.</b> Bus de conexiones V-BUS para RESOL con gestor de datos Datalogger DL2 con posibilidad de conexión a MODEM wifi o cable USB a PC con el adaptador de interfaz V-BUS/USB. PC común portátil con el RESOL Service Center Software.	1

**1.1.2.6.- Valvulería y varios.**

Código	Descripción	Medida
IT/E.30	<b>Válvula de corte 1 3/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	22
IT/E.31	<b>Válvula de corte 1 1/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 1 1/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	12
IT/E.32	<b>Válvula de corte 7/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 7/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	12
IT/E.33	<b>Válvula de seguridad 1 3/8".</b> Suministro y montaje de válvula de seguridad o control de presión de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	1
IT/E.34	<b>Válvula de seguridad 1 1/8".</b> Suministro y montaje de válvula de seguridad o control de presión de 1 1/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	3



## 5. Presupuesto.

IT/E.35	<b>Válvula de seguridad 7/8"</b> . Suministro y montaje de válvula de seguridad o control de presión de 7/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	4
IT/E.36	<b>Válvula antiretorno 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de válvula de retención de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	8
IT/E.37	<b>Válvula de tres vías 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de válvula de 3 vías por bypass disipación de 1 3/8" de diámetro. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	1
IT/E.38	<b>Reducciones 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de reducciones de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	5
IT/E.39	<b>Reducciones 1 1/8"</b> . Suministro y montaje de reducciones de 1 1/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	6
IT/E.40	<b>Reducciones 7/8"</b> . Suministro y montaje de reducciones de 7/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	5
IT/E.41	<b>Purgador 7/8"</b> . Suministro y montaje de un purgador automático para una presión máxima de 6kg/cm <sup>2</sup> y temperatura máx. 110°C de 7/8" de diámetro nominal. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	4
IT/E.42	<b>Manómetro 7/8"</b> . Suministro y montaje de un purgador automático para una presión máxima de 6kg/cm <sup>2</sup> y temperatura máx. 110°C de 7/8" de diámetro. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	13
IT/E.43	<b>Termómetro 7/8"</b> . Suministro y montaje de un termómetro para temperaturas de 0-120°C, longitud sonda de 50mm, mediante unión roscada. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	7
IT/E.44	<b>Entrada depósito 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de ensanchamiento de entrada a depósito de 1 3/8" de diámetro nominal de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	3
IT/E.45	<b>Salida depósito 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de reducción de salida a depósito de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	3
IT/E.46	<b>Codo 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de codos de 1 3/8" de diámetro nominal, de cobre.	23
IT/E.47	<b>Codo 1 1/8"</b> . Suministro y montaje de codos de 1 1/8" de diámetro nominal, de cobre.	12



## 5. Presupuesto.

IT/E.48	<b>Codo 7/8"</b> . Suministro y montaje de codos de 7/8" de diámetro nominal, de cobre.	26
IT/E.49	<b>T recta 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de T recta y de 1 3/8" de diámetro nominal, de cobre.	5
IT/E.50	<b>T recta 1 1/8"</b> . Suministro y montaje de T recta y de 1 1/8" de diámetro nominal, de cobre.	4
IT/E.51	<b>T recta 7/8"</b> . Suministro y montaje de T recta y de 7/8" de diámetro nominal, de cobre.	3
IT/E.52	<b>Filtro mecánico</b> . Suministro y montaje de filtro mecánico para tubos de 1 3/8" de diámetro nominal, de fibras.	5
IT/E.53	<b>Sistema de llenado del circuito primario</b> . Suministro y montaje de un sistema de llenado automático, formado por un grupo de presión, depósito de 250 litros con interruptor de nivel y válvula de retención.	1

### 1.1.2.7.- Varios.

Código	Descripción	Medida
IT/E.54	<b>Elementos de seguridad</b> . Elementos de seguridad y señalización de la obra según estudio de planes de seguridad y salud.	1
IT/E.55	<b>Elevación del material a las cubiertas</b> . Elevación de los materiales correspondientes a captadores, estructura, tuberías al tejado, mediante grúa telescópica sobre camión con capacidad para elevar hasta 1T a 25m. Los industriales y subministradores deberán de ponerse de acuerdo para la elevación de todo el material en un único día.	1
IT/E.56	<b>Obra civil</b> . Ejecución de la obra civil con su reglamentación y requisitos de ejecución. Finalización de la obra. Incluye mano de obra, herramientas auxiliares, suministro, transporte y almacenamiento de materiales.	1



**1.1.3.- Presupuesto.****1.1.3.1.- Sistema de captación solar.**

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total €
IT/E.1.	<b>Captador solar</b> Solever 3.0 TINOX. Captador solar plano de alto rendimiento para calentamiento de agua. Superficie útil 2,66m <sup>2</sup> con posibilidad de montaje en horizontal.	24	700,00	16.800,00
IT/E.2.	<b>Estructura soporte</b> estándar para captadores solares HILTI en aluminio. Apropriada para cubiertas horizontales. Suportación de seis captadores en vertical por batería.	4	658,80	2.635,20
IT/E.3.	<b>Funda de captadores.</b> Tela reflectante de aluminio pulido brillante para los meses con exceso de aportación de calor.	4	61,00	244,00
				<b>19.679,20</b>

**1.1.3.2.- Tuberías y aislamientos.**

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total €
IT/E.4.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø35mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	97	7,35	712,95
IT/E.5.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø28mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	60	6,40	384,00
IT/E.6.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø22mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	25	5,85	146,25
IT/E.7.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø18mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	21	5,23	109,83



## 5. Presupuesto.

IT/E.8.	<b>Ud. en metros Tubería de cobre</b> de Ø15mm para instalaciones de agua fría y caliente, incluye piezas especiales y otros accesorios (soldadura, abrazaderas, etc.) instalada y funcionando según normativa vigente, en tramos de longitudes superior a 3m.	59	4,32	254,88
IT/E.9.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR forrado con PVC Ø35x40 de espesor especialmente diseñado para aislamiento de circuitos de instalaciones térmicas solares exteriores. El forro de PVC pegado por extrusión elastómero. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	34	10,55	358,70
IT/E.10.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR forrado con PVC Ø28x30 de espesor especialmente diseñado para aislamiento de circuitos de instalaciones térmicas solares exteriores. El forro de PVC pegado por extrusión elastómero. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	60	9,35	561,00
IT/E.11.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR forrado con PVC Ø22x30 de espesor especialmente diseñado para aislamiento de circuitos de instalaciones térmicas solares exteriores. El forro de PVC pegado por extrusión elastómero. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	26	8,20	213,20
IT/E.12.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR HT Ø35x30 de espesor solución elastomérica idónea para el aislamiento de circuitos de fluido calorportante en instalaciones térmicas solares de interior. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	63	8,30	522,90
IT/E.13.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR HT Ø18x20 de espesor solución elastomérica idónea para el aislamiento de circuitos de fluido calorportante en instalaciones térmicas solares de interior. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	21	8,08	169,68



## 5. Presupuesto.

IT/E.14.	<b>Ud. en metros Aislamiento tubular flexible</b> K-FLEX SÓLAR HT Ø15x20 de espesor solución elastomérica idónea para el aislamiento de circuitos de fluido calorportante en instalaciones térmicas solares de interior. Conductividad térmica 0,039W/mK a 10°C. Temperatura máxima de uso 150° C, soportando puntas de 155° C.	59	7,60	448,40
				<b>3.881,79</b>

### 1.1.3.3.- Sistema de acumulación.

Código	Descripción	Unid	Precio €	Total €
IT/E.15	<b>Acumulador solar</b> Salvador Escoda ACS408 3000T con tratamiento SmaltoPLAST de polvo termoplástico. Capacidad útil de 3000L. Presión de trabajo 8bar. Aislamiento de poliuretano de 80mm de espesor y recubierto de PVC	2	3.150,00	6.300,00
IT/E.16	<b>Acumulador solar final</b> Salvador Escoda BRVF 1000 con intercambiador de serpentín interior de 2,9m <sup>2</sup> . Tratamiento interior esmaltado inorgánico. Temperatura máxima de funcionamiento 99°C. Capacidad útil de 1000L. Presión de trabajo 6 y 12 bares	1	2.280,00	2.280,00
				<b>8.580,00</b>

### 1.1.3.4.- Sistema de intercambio y auxiliar.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total €
IT/E.17	<b>Vaso de expansión</b> Salvador Escoda 18 SMF cilíndrico de membrana fija de caucho para una temperatura máxima de servicio de 130°C. Con válvula de presión de aire en la cámara de gas debidamente protegida.	1	26,00	26,00
IT/E.18	<b>Intercambiador de calor</b> Salvador Escoda M3FG 40 kW exterior de placas. Intercambiador de placas desmontables con 28 placas y 30 paneles. Con potencia de 34.200 Kcal/h.	1	1.085,00	1.085,00
IT/E.19	<b>Bomba del circuito primario.</b> Bomba simple de rotor húmedo Wilo Top-S 25/10 EM de Solever. Conexión roscada y embreada Rp1 de 30mm.	2	375,86	751,72



## 5. Presupuesto.

IT/E.20	<b>Bomba del circuito secundario.</b> Bomba simple de circulación Wilo Top-Z 30/7 EM de Solever. Conexión roscada y embridada Rp1 1/4 de 30mm.	2	440,34	880,69
IT/E.21	<b>Bomba de recirculación.</b> Bomba simple de recirculación de ACS Wilo Star-Z 25/2 EM de Solever. Conexión roscada para ACS Rp1 de 15mm.	1	259,22	259,22
IT/E.22	<b>Caldera de condensación para ACS.</b> Caldera de pie, modular de condensación para ACS Saunier Duval Thermosystem Condens F120/2 con 120kW de potencia máxima. Con gran capacidad de modulación, entre 12 y 100% de la potencia nominal y una gran eficacia estándar del orden del 110%.	1	7.230,00	7.230,00
IT/E.23	<b>Lavavajillas.</b> Lavavajillas bitérmico ESF 66710 X de ELECTROLUX. Doble entrada de agua, agua fría y agua caliente. Termostato sensor de temperatura a la entrada del agua y control electrónico.	3	372,50	1.117,50
				<b>1.1350,14</b>

### 1.1.3.5.- Sistema de control.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total €
IT/E.24	<b>Centralita de regulación.</b> RESOL MIDI-PRO de Salvador Escoda. Control multifunción para su aplicación en sistemas de 1 hasta 2 fuentes de calor y hasta 4 receptores. Adaptable a sistemas individuales con opciones adicionales posteriores con 6 entradas y 6 salidas.	1	463,50	463,50
IT/E.25	<b>Sonda de temperatura</b> de inmersión de platino PT100 FKP de uso exterior para captadores solares con cable de silicona.	1	20,60	20,60
IT/E.26	<b>Sonda de temperatura</b> de inmersión de platino PT1000 FRP de uso interior para acumuladores con cable de PVC.	4	20,60	82,40
IT/E.27	<b>Sonda de radiación solar.</b> Célula solar CS10 en la que la corriente aumenta proporcionalmente a la intensidad de irradiación.	1	32,37	32,37



## 5. Presupuesto.

IT/E.28	<b>Cableado eléctrico.</b> Cables eléctricos de cobre de bajo voltaje. Secciones de 0,75 y 1,5 mm <sup>2</sup> . Para altos voltajes deberá utilizar cables especiales.	68	0,76	51,59
IT/E.29	<b>Bus de conexiones, interface y software.</b> Bus de conexiones V-BUS para RESOL con gestor de datos Datalogger DL2 con posibilidad de conexión a MODEM wifi o cable USB a PC con el adaptador de interfaz V-BUS/USB. PC común portátil con el RESOL Service Center Software.	1	547,65	547,65
				<b>1.198,11</b>

## 1.1.3.6.- Valvulería y varios.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total €
IT/E.30	<b>Válvula de corte 1 3/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	22	6,56	144,33
IT/E.31	<b>Válvula de corte 1 1/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 1 1/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	12	5,64	67,66
IT/E.32	<b>Válvula de corte 7/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 7/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	12	5,06	60,72
IT/E.33	<b>Válvula de seguridad 1 3/8".</b> Suministro y montaje de válvula de seguridad o control de presión de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	1	7,57	7,57
IT/E.34	<b>Válvula de seguridad 1 1/8".</b> Suministro y montaje de válvula de seguridad o control de presión de 1 1/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	3	7,00	21,00
IT/E.35	<b>Válvula de seguridad 7/8".</b> Suministro y montaje de válvula de seguridad o control de presión de 7/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	4	6,69	26,76
IT/E.36	<b>Válvula antiretorno 1 3/8".</b> Suministro y montaje de válvula de retención de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	8	8,85	70,83



## 5. Presupuesto.

IT/E.37	<b>Válvula de tres vías 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de válvula de 3 vías por bypass disipación de 1 3/8" de diámetro. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	1	98,35	98,35
IT/E.38	<b>Reducciones 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de reducciones de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	5	7,09	35,47
IT/E.39	<b>Reducciones 1 1/8"</b> . Suministro y montaje de reducciones de 1 1/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	6	6,34	38,02
IT/E.40	<b>Reducciones 7/8"</b> . Suministro y montaje de reducciones de 7/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	5	5,25	26,25
IT/E.41	<b>Purgador 7/8"</b> . Suministro y montaje de un purgador automático para una presión máxima de 6kg/cm <sup>2</sup> y temperatura máx. 110°C de 7/8" de diámetro nominal. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	4	11,36	45,45
IT/E.42	<b>Manómetro 7/8"</b> . Suministro y montaje de un purgador automático para una presión máxima de 6kg/cm <sup>2</sup> y temperatura máx. 110°C de 7/8" de diámetro. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	13	10,13	131,68
IT/E.43	<b>Termómetro 7/8"</b> . Suministro y montaje de un termómetro para temperaturas de 0-120°C, longitud sonda de 50mm, mediante unión roscada. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	7	11,15	78,03
IT/E.44	<b>Entrada depósito 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de ensanchamiento de entrada a depósito de 1 3/8" de diámetro nominal de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	3	8,22	24,65
IT/E.45	<b>Salida depósito 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de reducción de salida a depósito de 1 3/8" de diámetro nominal, de latón. Marca/Modelo: ARCO o equivalente.	3	7,42	22,27
IT/E.46	<b>Codo 1 3/8"</b> . Suministro y montaje de codos de 1 3/8" de diámetro nominal, de cobre.	23	1,79	41,24
IT/E.47	<b>Codo 1 1/8"</b> . Suministro y montaje de codos de 1 1/8" de diámetro nominal, de cobre.	12	1,22	14,69
IT/E.48	<b>Codo 7/8"</b> . Suministro y montaje de codos de 7/8" de diámetro nominal, de cobre.	26	0,72	18,83



## 5. Presupuesto.

IT/E.49	<b>T recta 1 3/8".</b> Suministro y montaje de T recta y de 1 3/8" de diámetro nominal, de cobre.	5	3,00	15,00
IT/E.50	<b>T recta 1 1/8".</b> Suministro y montaje de T recta y de 1 1/8" de diámetro nominal, de cobre.	4	2,30	9,21
IT/E.51	<b>T recta 7/8".</b> Suministro y montaje de T recta y de 7/8" de diámetro nominal, de cobre.	3	1,63	4,89
IT/E.52	<b>Filtro mecánico.</b> Suministro y montaje de filtro mecánico para tubos de 1 3/8" de diámetro nominal, de fibras.	5	12,33	61,64
IT/E.53	<b>Sistema de llenado del circuito primario.</b> Suministro y montaje de un sistema de llenado automático, formado por un grupo de presión, depósito de 250 litros con interruptor de nivel y válvula de retención.	1	510,00	510,00
				<b>1.574,51</b>

### 1.1.3.7.- Varios.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total €
IT/E.54	<b>Elementos de seguridad.</b> Elementos de seguridad y señalización de la obra según estudio de planes de seguridad y salud.	1	89,00	89,00
IT/E.55	<b>Elevación del material a las cubiertas.</b> Elevación de los materiales correspondientes a captadores, estructura, tuberías al tejado, mediante grúa telescópica sobre camión con capacidad para elevar hasta 1T a 25m. Los industriales y subministradores deberán de ponerse de acuerdo para la elevación de todo el material en un único día.	1	210,00	210,00
IT/E.56	<b>Obra civil.</b> Ejecución de la obra civil con su reglamentación y requisitos de ejecución. Finalización de la obra. Incluye mano de obra, herramientas auxiliares, suministro, transporte y almacenamiento de materiales.	1	1.737,00	1.737,00
				<b>2.036,00</b>



**1.1.4.- Resumen del presupuesto para la instalación solar térmica.**

**Instalación solar térmica.**

Sistema de captación solar.	<b>19.679,20</b>
Tuberías y aislamientos.	<b>3.881,79</b>
Sistema de acumulación.	<b>8.580,00</b>
Sistema de intercambio y auxliar.	<b>11.350,14</b>
Sistema de control.	<b>1.198,11</b>
Válvulas y varios.	<b>1.574,51</b>
Varios.	<b>2.036,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b><u>48.299,75 €</u></b>
<b>TOTAL (incluido 16% IVA).</b>	<b><u>56.027,71 €</u></b>





## 1.2.- Instalación solar fotovoltaica.

### 1.2.1.- Unidades de obra.

#### 1.2.1.1.- Generador fotovoltaico.

##### Capítulo I. Equipamiento.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.1.	<b>Ud. Módulo fotovoltaico</b> SUNTECH STP 280s de 280 Wp de potencia. Transporte, cableado, colación, conexionado y mano de obra.	985,00
IF/E.2.	<b>Ud. Estructura soporte</b> estándar para módulos fotovoltaicos HILTI en aluminio. Totalmente modular, apropiada para cubiertas horizontales. Suportación y configuración flexible a solicitud. En el precio se incluye el vaciado correspondiente de hormigón para las zapatas. Tornillos y accesorios. Precio en €/módulo.	71,30
IF/E.3.	<b>Ud. Caja estanca</b> marca Uriarte modelo Safybox CA-1515s, IP-66 de material termoplástico autoextinguible, Clase II, 135 x 135 x 130 mm con prensaestopas; o similar. Instalada y colocada, para Caja de conexiones.	18,54
IF/E.4.	<b>Ud. Caja de conexión</b> marca Ingecon Sun modelo Ingecon Sun String Control. De material termoplástico protección IP65 y capacidad para conectar hasta 16 strings de 10ª cada uno como máximo.	210,30

##### Capítulo II. Canalizaciones.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.5.	<b>Ud. en metros, Tubo curvable</b> para exterior URIARTE de 20 mm. Incluido grapas de fijación y accesorios. Colocado.	0,34
IF/E.6.	<b>Ud. en metros, Tubo rígido</b> para exterior URIARTE de 32 mm. Incluido grapas de fijación y accesorios. Colocado.	0,46
IF/E.7.	<b>Ud. en metros, Tubo rígido</b> para interior URIARTE de 32 mm. Incluido grapas de fijación y accesorios. Colocado.	0,57
IF/E.8.	<b>Ud. en metros, Canal UNEX</b> 40 x 110 mm de 2430mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	11,56
IF/E.9.	<b>Ud. en metros, Canal UNEX</b> 60 x 110 mm de 4038mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	15,30

Capítulo III. Conductores.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.10.	<b>Ud. Conexión entre módulos</b> Suntech Plug Type IV con sección del LAPP de 4,0 mm <sup>2</sup> y longitudes de 1,2m para el terminal negativo y 0,8m para el terminal positivo.	17,25
IF/E.11.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x4 mm <sup>2</sup> , libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	0,42
IF/E.12.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x16 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	1,05

Capítulo IV. Protección.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.13.	<b>Ud. Fusible</b> modelo DIII AC 690 V, DC 600 V, calibre 16 Amperios, ETI o similar.	25,35
IF/E.14.	<b>Ud. Interruptor fusible seccionador</b> modelo DIII AC 690 V, DC 600 V, calibre 63 Amperios, ETI o similar.	46,12
IF/E.15.	<b>Ud. Vigilante de aislamiento</b> FAC3/800I, detecta la falta de aislamiento a tierra en las instalaciones de energía fotovoltaica, dando una orden de salida instantánea al buscador seguidor en fallo para cortocircuitar la tensión de salida de los paneles, Asegurando de esta manera que la instalación queda sin tensión.	183,00
IF/E.16.	<b>Ud. Descargador de sobretensión</b> modelo DG Y PV 100 (DEHN) o similar.	97,25

**1.2.1.2.- Inversores e instalación de enlace.**Capítulo I. Equipamiento.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.17.	<b>Ud. Inversor</b> de conexión a la red eléctrica de 15 kw, marca Ingeteam modelo Ingecon ® Sun, suministrado, instalado y conectado.	7.950,00
IF/E.18.	<b>Ud. Inversor</b> de conexión a la red eléctrica de 20 kw, marca Ingeteam modelo Ingecon ® Sun, suministrado, instalado y conectado.	9.380,00
IF/E.19.	<b>Ud. Armario empotrado</b> estanco marca Uriarte modelo Safybox ART-55, IP55 de policarbonato autoextinguible, 500 x 500 x 300mm, o similar. Instalada, para Cuadro Secundario.	311,00
IF/E.20.	<b>Ud. Armario</b> estanco marca Uriarte modelo Safybox ART-107, IP55 de policarbonato autoextinguible, 1000 x 750 x300mm, o similar. Instalada, para Cuadro general de distribución.	591,18
IF/E.21.	<b>Ud. Armario</b> de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio para su colocación en exterior modelo UR-CMT300E-B, del fabricante URIARTE con medidas 535 x 1040 x 230, o similar. Instalado, para Caja Protección y Medida para exterior en montaje empotrado.  - Placa de protección en policarbonato de 2 mm de espesor con la eriqueta de riesgo eléctrico tamaño AE-05.  - Cierre de la puerta triple acción mediante llave triangular, posibilidad de bloqueo por candado y apertura 180º.  - Placas base de poliéster mecanizadas para el montaje de 1 contador electrónico bidireccional, transformadores de intensidad, bases portafusibles e interruptor.  - Bases portafusibles de 250 <sup>a</sup> desconectables en carga de máxima seguridad. Tipo BUC. (Para fusibles NH tamaño 1).  - Contador trifásico bidireccional Actaris Ace100 electrónico.  - Interruptor de corte en carga de 250 <sup>a</sup> IV polos.  - Tornillos para la fijación de contadores en latón.	2.545,00
IF/E.22.	<b>Sistema de monitorización</b> el cual incluye cuatro tarjetas RS-485, dos dispositivos GSM/GPRS, cable convertidor RS-485/RS-232 USB, sensores de temperatura, insolación y anemómetro, software técnico para la monitorización y seguimiento de la instalación y PC. Incluye instalación y puesta en marcha	2.349,00

Capítulo II. Canalizaciones.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.23.	<b>Ud. en metros, Canal UNEX 20 x 75 mm</b> de 1019mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	9,45
IF/E.24.	<b>Ud. en metros, Canal UNEX 40 x 110 mm</b> de 2430mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	12,56
IF/E.25.	<b>Ud. en metros, Canal UNEX 60 x 110 mm</b> de 4038mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	16,30
IF/E.26.	<b>Ud. en metros, Tubo</b> de plástico de 140 mm. Diámetro corrugado exterior y liso interiormente enterrado en zanja común para B.T. con las especificaciones figuradas en el Pliego de Condiciones y según planos.	45,87

Capítulo III. Conductores.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.27.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x10 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	0,78
IF/E.28.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x35 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	2,35

Capítulo IV. Protección.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.29.	<b>Ud Interruptor automático magnetotérmico</b> trifásico, curva B, de cuatro polos DX 32 con 32 <sup>a</sup> de intensidad nominal y 10kA de poder de corte, Legrand o similar.	25,00
IF/E.30.	<b>Ud Interruptor automático magnetotérmico</b> trifásico, curva B, de cuatro polos DX 40 con 40 <sup>a</sup> de intensidad nominal y 10kA de poder de corte, Legrand o similar.	52,00
IF/E.31.	<b>Ud Interruptor automático magnetotérmico</b> trifásico, curva B, de cuatro polos DPX 160 con 160 de intensidad nominal y 36kA de poder de corte, Legrand o similar.	334,00
IF/E.32.	<b>Ud Interruptor diferencial</b> por bloque diferencial, sensibilidad 300 mA de cuatro polos, Legrand.	230,85



1.2.1.3.- Puesta a tierra.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.33.	<b>Ud. Picas de tierra</b> de 15 mm de diámetro, de 2 m de longitud con mordaza de conexión incluida. Instalada y colocada.	23,12
IF/E.34.	<b>Ud. en metros de Tubo</b> de acero de 20 mm.	2,56
IF/E.35.	<b>Ud. en metros de Conductor de cobre desnudo</b> de 35 mm <sup>2</sup> , Colocado.	1,30
IF/E.36.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x16 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	1,05

1.2.1.4.- Obra civil.

Código	Descripción	Precio €
IF/E.37.	<b>Ud. en metros cúbicos de relleno de zanja</b> conforme a lo establecido en la memoria, pliego de condiciones y planos del proyecto.	0,56
IF/E.38.	<b>Ud. en metros de cinta de señalización</b> instalada conforme a lo establecido en la memoria, pliego de condiciones y planos del proyecto.	0,23
IF/E.39.	<b>Ud. de losa</b> de características idénticas a las que están instaladas en la acera de tránsito público.	14,58
IF/E.40.	<b>H. de máquinas</b> para la producción, vertido y transporte del hormigón utilizado para las zapatas incluido mano de obra.	19,00
IF/E.41.	<b>H. de máquinas</b> para la excavación de zanjas según memoria, pliego de condiciones y planos, con medios mecánicos, incluido transporte de tierra a vertedero y mano de obra.	28,00
IF/E.42.	<b>H. de máquina</b> en relleno de zanjas según memoria, pliego de condiciones y planos, con medios mecánicos y mano de obra.	28,00



### 1.2.2.- Mediciones.

#### 1.2.2.1.- Generador fotovoltaico.

##### Capítulo I. Equipamiento.

Código	Descripción	Medida
IF/E.1.	<b>Ud. Módulo fotovoltaico</b> SUNTECH STP 280s de 280 Wp de potencia. Transporte, cableado, colación, conexionado y mano de obra.	238
IF/E.2.	<b>Ud. Estructura soporte</b> estándar para módulos fotovoltaicos HILTI en aluminio. Totalmente modular, apropiada para cubiertas horizontales. Suportación y configuración flexible a solicitud. En el precio se incluye el vaciado correspondiente de hormigón para las zapatas. Tornillos y accesorios. Precio en €/módulo.	238
IF/E.3.	<b>Ud. Caja estanca</b> marca Uriarte modelo Safybox CA-1515s, IP-66 de material termoplástico autoextinguible, Clase II, 135 x 135 x 130 mm con prensaestopas; o similar. Instalada y colocada, para Caja de conexiones.	17
IF/E.4.	<b>Ud. Caja de conexión</b> marca Ingecon Sun modelo Ingecon Sun String Control. De material termoplástico protección IP65 y capacidad para conectar hasta 16 strings de 10ª cada uno como máximo.	4

##### Capítulo II. Canalizaciones.

Código	Descripción	Medida
IF/E.5.	<b>Ud. en metros, Tubo curvable</b> para exterior URIARTE de 20 mm. Incluido grapas de fijación y accesorios. Colocado.	96
IF/E.6.	<b>Ud. en metros, Tubo rígido</b> para exterior URIARTE de 32 mm. Incluido grapas de fijación y accesorios. Colocado.	13
IF/E.7.	<b>Ud. en metros, Tubo rígido</b> para interior URIARTE de 32 mm. Incluido grapas de fijación y accesorios. Colocado.	15
IF/E.8.	<b>Ud. en metros, Canal UNEX</b> 40 x 110 mm de 2430mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	15
IF/E.9.	<b>Ud. en metros, Canal UNEX</b> 60 x 110 mm de 4038mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	10



Capítulo III. Conductores.

Código	Descripción	Medida
IF/E.10.	<b>Ud. Conexión entre módulos</b> Suntech Plug Type IV con sección del LAPP de 4,0 mm <sup>2</sup> y longitudes de 1,2m para el terminal negativo y 0,8m para el terminal positivo.	238
IF/E.11.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x4 mm <sup>2</sup> , libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	290
IF/E.12.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x16 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	160

Capítulo IV. Protección.

Código	Descripción	Medida
IF/E.13.	<b>Ud. Fusible</b> modelo DIII AC 690 V, DC 600 V, calibre 16 Amperios, ETI o similar.	34
IF/E.14.	<b>Ud. Interruptor fusible seccionador</b> modelo DIII AC 690 V, DC 600 V, calibre 63 Amperios, ETI o similar.	4
IF/E.15.	<b>Ud. Vigilante de aislamiento</b> FAC3/800I, detecta la falta de aislamiento a tierra en las instalaciones de energía fotovoltaica, dando una orden de salida instantánea al buscador seguidor en fallo para cortocircuitar la tensión de salida de los paneles, Asegurando de esta manera que la instalación queda sin tensión.	4
IF/E.16.	<b>Ud. Descargador de sobretensión</b> modelo DG Y PV 100 (DEHN) o similar.	4

**1.2.2.2.- Inversores e instalación de enlace.**Capítulo I. Equipamiento.

Código	Descripción	Medida
IF/E.17.	<b>Ud. Inversor</b> de conexión a la red eléctrica de 15 kw, marca Ingeteam modelo Ingecon ® Sun, suministrado, instalado y conectado.	3
IF/E.18.	<b>Ud. Inversor</b> de conexión a la red eléctrica de 20 kw, marca Ingeteam modelo Ingecon ® Sun, suministrado, instalado y conectado.	1
IF/E.19.	<b>Ud. Armario empotrado</b> estanco marca Uriarte modelo Safybox ART-55, IP55 de policarbonato autoextinguible, 500 x 500 x 300mm, o similar. Instalada, para Cuadro Secundario.	1
IF/E.20.	<b>Ud. Armario</b> estanco marca Uriarte modelo Safybox ART-107, IP55 de policarbonato autoextinguible, 1000 x 750 x 300mm, o similar. Instalada, para Cuadro general de distribución.	1
IF/E.21.	<b>Ud. Armario</b> de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio para su colocación en exterior modelo UR-CMT300E-B, del fabricante URIARTE con medidas 535 x 1040 x 230, o similar. Instalado, para Caja Protección y Medida para exterior en montaje empotrado.	1
IF/E.22.	<b>Sistema de monitorización</b> el cual incluye cuatro tarjetas RS-485, dos dispositivos GSM/GPRS, cable convertidor RS-485/RS-232 USB, sensores de temperatura, insolación y anemómetro, software técnico para la monitorización y seguimiento de la instalación y PC. Incluye instalación y puesta en marcha	1

Capítulo II. Canalizaciones.

Código	Descripción	Medida
IF/E.23.	<b>Ud. en metros, Canal</b> UNEX 20 x 75 mm de 1019mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	5
IF/E.24.	<b>Ud. en metros, Canal</b> UNEX 40 x 110 mm de 2430mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	2
IF/E.25.	<b>Ud. en metros, Canal</b> UNEX 60 x 110 mm de 4038mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	5
IF/E.26.	<b>Ud. en metros, Tubo</b> de plástico de 140 mm. Diámetro corrugado exterior y liso interiormente enterrado en zanja común para B.T. con las especificaciones figuradas en el Pliego de Condiciones y según planos.	60



Capítulo III. Conductores.

Código	Descripción	Medida
IF/E.27.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x10 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	20
IF/E.28.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x35 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	60

Capítulo IV. Protección.

Código	Descripción	Medida
IF/E.29.	<b>Ud Interruptor automático magnetotérmico</b> trifásico, curva B, de cuatro polos DX 32 con 32 <sup>a</sup> de intensidad nominal y 10kA de poder de corte, Legrand o similar.	3
IF/E.30.	<b>Ud Interruptor automático magnetotérmico</b> trifásico, curva B, de cuatro polos DX 40 con 40 <sup>a</sup> de intensidad nominal y 10kA de poder de corte, Legrand o similar.	1
IF/E.31.	<b>Ud Interruptor automático magnetotérmico</b> trifásico, curva B, de cuatro polos DPX 160 con 160 de intensidad nominal y 36kA de poder de corte, Legrand o similar.	1
IF/E.32.	<b>Ud Interruptor diferencial</b> por bloque diferencial, sensibilidad 300 mA de cuatro polos, Legrand.	1

**1.2.2.3.- Puesta a tierra.**

Código	Descripción	Medida
IF/E.33.	<b>Ud. Picas de tierra</b> de 15 mm de diámetro, de 2 m de longitud con mordaza de conexión incluida. Instalada y colocada.	3
IF/E.34.	<b>Ud. en metros de Tubo</b> de acero de 20 mm.	18
IF/E.35.	<b>Ud. en metros de Conductor de cobre desnudo</b> de 35 mm <sup>2</sup> , Colocado.	8
IF/E.36.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x16 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	30



1.2.2.4.- Obra civil.

Código	Descripción	Medida
IF/E.37.	<b>Ud. en metros cúbicos de relleno de zanja</b> conforme a lo establecido en la memoria, pliego de condiciones y planos del proyecto.	26
IF/E.38.	<b>Ud. en metros de cinta de señalización</b> instalada conforme a lo establecido en la memoria, pliego de condiciones y planos del proyecto.	60
IF/E.39.	<b>Ud. de losa</b> de características idénticas a las que están instaladas en la acera de tránsito público.	40
IF/E.40.	<b>H. de máquinas</b> para la producción, vertido y transporte del hormigón utilizado para las zapatas incluido mano de obra.	24
IF/E.41.	<b>H. de máquinas</b> para la excavación de zanjas según memoria, pliego de condiciones y planos, con medios mecánicos, incluido transporte de tierra a vertedero y mano de obra.	16
IF/E.42.	<b>H. de máquina</b> en relleno de zanjas según memoria, pliego de condiciones y planos, con medios mecánicos y mano de obra.	16

1.2.3.- Presupuesto.

1.2.3.1.- Generador fotovoltaico.

Capítulo I. Equipamiento.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.1.	<b>Ud. Módulo fotovoltaico</b> SUNTECH STP 280s de 280 Wp de potencia. Transporte, cableado, colocación, conexionado y mano de obra.	238	1.015,00	241.570,00
IF/E.2.	<b>Ud. Estructura soporte</b> estándar para módulos fotovoltaicos HILTI en aluminio. Totalmente modular, apropiada para cubiertas horizontales. Soportación y configuración flexible a solicitud. En el precio se incluye el vaciado correspondiente de hormigón para las zapatas. Tornillos y accesorios. Precio en €/módulo.	238	71,30	16.969,40
IF/E.3.	<b>Ud. Caja estanca</b> marca Uriarte modelo Safybox CA-1515s, IP-66 de material termoplástico autoextinguible, Clase II, 135 x 135 x 130 mm con prensaestopas; o similar. Instalada y colocada, para Caja de conexiones.	17	18,54	315,18



## 5. Presupuesto.

IF/E.4.	<b>Ud. Caja de conexión</b> marca Ingecon Sun modelo Ingecon Sun String Control. De material termoplástico protección IP65 y capacidad para conectar hasta 16 strings de 10ª cada uno como máximo.	4	210,3	841,20
				<b>259.695,78</b>

Capítulo II. Canalizaciones.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.5.	<b>Ud. en metros, Tubo curvable</b> para exterior URIARTE de 20 mm. Incluido grapas de fijación y accesorios. Colocado.	96	0,34	32,64
IF/E.6.	<b>Ud. en metros, Tubo rígido</b> para exterior URIARTE de 32 mm. Incluido grapas de fijación y accesorios. Colocado.	13	0,46	5,98
IF/E.7.	<b>Ud. en metros, Tubo rígido</b> para interior URIARTE de 32 mm. Incluido grapas de fijación y accesorios. Colocado.	15	0,57	8,55
IF/E.8.	<b>Ud. en metros, Canal UNEX 40 x 110 mm</b> de 2430mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	15	11,56	173,4
IF/E.9.	<b>Ud. en metros, Canal UNEX 60 x 110 mm</b> de 4038mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	10	15,3	153
				<b>373,57</b>

Capítulo III. Conductores.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.10.	<b>Ud. Conexión entre módulos</b> Suntech Plug Type IV con sección del LAPP de 4,0 mm <sup>2</sup> y longitudes de 1,2m para el terminal negativo y 0,8m para el terminal positivo.	238	17,25	4.105,50
IF/E.11.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x4 mm <sup>2</sup> , libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	290	0,42	121,80



## 5. Presupuesto.

IF/E.12.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x16 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	160	1,05	168,00
				<b>4.395,30</b>

Capítulo IV. Protección.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.13.	<b>Ud. Fusible</b> modelo DIII AC 690 V, DC 600 V, calibre 16 Amperios, ETI o similar.	34	25,35	861,90
IF/E.14.	<b>Ud. Interruptor fusible seccionador</b> modelo DIII AC 690 V, DC 600 V, calibre 63 Amperios, ETI o similar.	4	46,12	184,48
IF/E.15.	<b>Ud. Vigilante de aislamiento</b> FAC3/800I, detecta la falta de aislamiento a tierra en las instalaciones de energía fotovoltaica, dando una orden de salida instantánea al buscador seguidor en fallo para cortocircuitar la tensión de salida de los paneles, Asegurando de esta manera que la instalación queda sin tensión.	4	183	732,00
IF/E.16.	<b>Ud. Descargador de sobretensión</b> modelo DG Y PV 100 (DEHN) o similar.	4	97,25	389,00
				<b>2.167,38</b>

## 1.2.3.2.- Inversores e instalación de enlace.

Capítulo I. Equipamiento.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.17.	<b>Ud. Inversor</b> de conexión a la red eléctrica de 15 kw, marca Ingeteam modelo Ingecon ® Sun, suministrado, instalado y conectado.	3	7.950,00	23.850,00
IF/E.18.	<b>Ud. Inversor</b> de conexión a la red eléctrica de 20 kw, marca Ingeteam modelo Ingecon ® Sun, suministrado, instalado y conectado.	1	9.380,00	9.380,00
IF/E.19.	<b>Ud. Armario empotrado</b> estanco marca Uriarte modelo Safybox ART-55, IP55 de policarbonato autoextinguible, 500 x 500 x 300mm, o similar. Instalada, para Cuadro Secundario.	1	311,00	311,00
IF/E.20.	<b>Ud. Armario</b> estanco marca Uriarte modelo Safybox ART-107, IP55 de policarbonato autoextinguible, 1000 x 750 x 300mm, o similar. Instalada, para Cuadro general de distribución.	1	591,18	591,18



## 5. Presupuesto.

IF/E.21.	<b>Ud. Armario</b> de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio para su colocación en exterior modelo UR-CMT300E-B, del fabricante URIARTE con medidas 535 x 1040 x 230, o similar. Instalado, para Caja Protección y Medida para exterior en montaje empotrado.	1	2.545,00	2.545,00
IF/E.22.	<b>Sistema de monitorización</b> el cual incluye cuatro tarjetas RS-485, dos dispositivos GSM/GPRS, cable convertidor RS-485/RS-232 USB, sensores de temperatura, insolación y anemómetro, software técnico para la monitorización y seguimiento de la instalación y PC.	1	2.349,00	2.349,00
				<b>39.026,18</b>

## Capítulo II. Canalizaciones.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.23.	<b>Ud. en metros, Canal</b> UNEX 20 x 75 mm de 1019mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	5	9,45	47,25
IF/E.24.	<b>Ud. en metros, Canal</b> UNEX 40 x 110 mm de 2430mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	2	12,56	25,12
IF/E.25.	<b>Ud. en metros, Canal</b> UNEX 60 x 110 mm de 4038mm <sup>2</sup> de sección útil. Incluso elementos de acabado y fijación. Colocado.	5	16,30	81,50
IF/E.26.	<b>Ud. en metros, Tubo</b> de plástico de 140 mm. Diámetro corrugado exterior y liso interiormente enterrado en zanja común para B.T. con las especificaciones figuradas en el Pliego de Condiciones y según planos.	60	45,87	2752,20
				<b>2.906,07</b>



## 5. Presupuesto.

Capítulo III. Conductores.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.27.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x10 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	20	0,78	15,60
IF/E.28.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x35 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	60	2,35	141,00
				<b>156,60</b>

Capítulo IV. Protección.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.29.	<b>Ud Interruptor automático magnetotérmico</b> trifásico, curva B, de cuatro polos DX 32 con 32ª de intensidad nominal y 10kA de poder de corte, Legrand o similar.	3	25,00	75,00
IF/E.30.	<b>Ud Interruptor automático magnetotérmico</b> trifásico, curva B, de cuatro polos DX 40 con 40ª de intensidad nominal y 10kA de poder de corte, Legrand o similar.	1	52,00	52,00
IF/E.31.	<b>Ud Interruptor automático magnetotérmico</b> trifásico, curva B, de cuatro polos DPX 160 con 160 de intensidad nominal y 36kA de poder de corte, Legrand o similar.	1	334,00	334,00
IF/E.32.	<b>Ud Interruptor diferencial</b> por bloque diferencial, sensibilidad 300 mA de cuatro polos, Legrand.	1	230,85	230,85
				<b>691,85</b>

## 1.2.3.3.- Puesta a tierra.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.33.	<b>Ud. Picas de tierra</b> de 15 mm de diámetro, de 2 m de longitud con mordaza de conexión incluida. Instalada y colocada.	3	23,12	69,36
IF/E.34.	<b>Ud. en metros de Tubo</b> de acero de 20 mm.	18	2,56	46,08



## 5. Presupuesto.

IF/E.35.	<b>Ud. en metros de Conductor de cobre desnudo</b> de 35 mm <sup>2</sup> , Colocado.	8	1,30	10,40
IF/E.36.	<b>Ud. en metros Conductor de cobre</b> unipolar flexible de tensión nominal 0,6/1kV con aislamiento de polipropileno reticulado XLPE Iristech de Pirelli o similar de 1x16 mm <sup>2</sup> libre de halógenos, no propagador del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y corrosivos y baja opacidad de humos.	30	1,05	31,5
				<b>157,34</b>

## 1.2.3.4.- Obra civil.

Código	Descripción	Unid.	Precio €	Total
IF/E.37.	<b>Ud. en metros cúbicos de relleno de zanja</b> conforme a lo establecido en la memoria, pliego de condiciones y planos del proyecto.	26	0,56	14,56
IF/E.38.	<b>Ud. en metros de cinta de señalización</b> instalada conforme a lo establecido en la memoria, pliego de condiciones y planos del proyecto.	60	0,23	13,80
IF/E.39.	<b>Ud. de losa</b> de características idénticas a las que están instaladas en la acera de tránsito público.	30	14,58	437,40
IF/E.40.	<b>H. de máquinas</b> para la producción, vertido y transporte del hormigón utilizado para las zapatas incluido mano de obra.	24	19,00	456,00
IF/E.41.	<b>H. de máquinas</b> para la excavación de zanjas según memoria, pliego de condiciones y planos, con medios mecánicos, incluido transporte de tierra a vertedero y mano de obra.	16	28,00	448,00
IF/E.42.	<b>H. de máquina</b> en relleno de zanjas según memoria, pliego de condiciones y planos, con medios mecánicos y mano de obra.	16	28,00	448,00
				<b>1.817,76</b>



#### 1.2.4.- Resumen del presupuesto para la instalación solar fotovoltaica.

##### Generador Fotovoltaico.

Equipamiento I.	259.695,78
Canalizaciones II.	373,57
Conductores III.	4.395,30
Protección IV.	2.167,38
	<b>266.632,03 €</b>

##### Inversores e Instalación de Enlace.

Equipamiento I.	39.026,18
Canalizaciones II.	2.906,07
Conductores III.	156,60
Protección IV.	691,85
	<b>42.780,70 €</b>

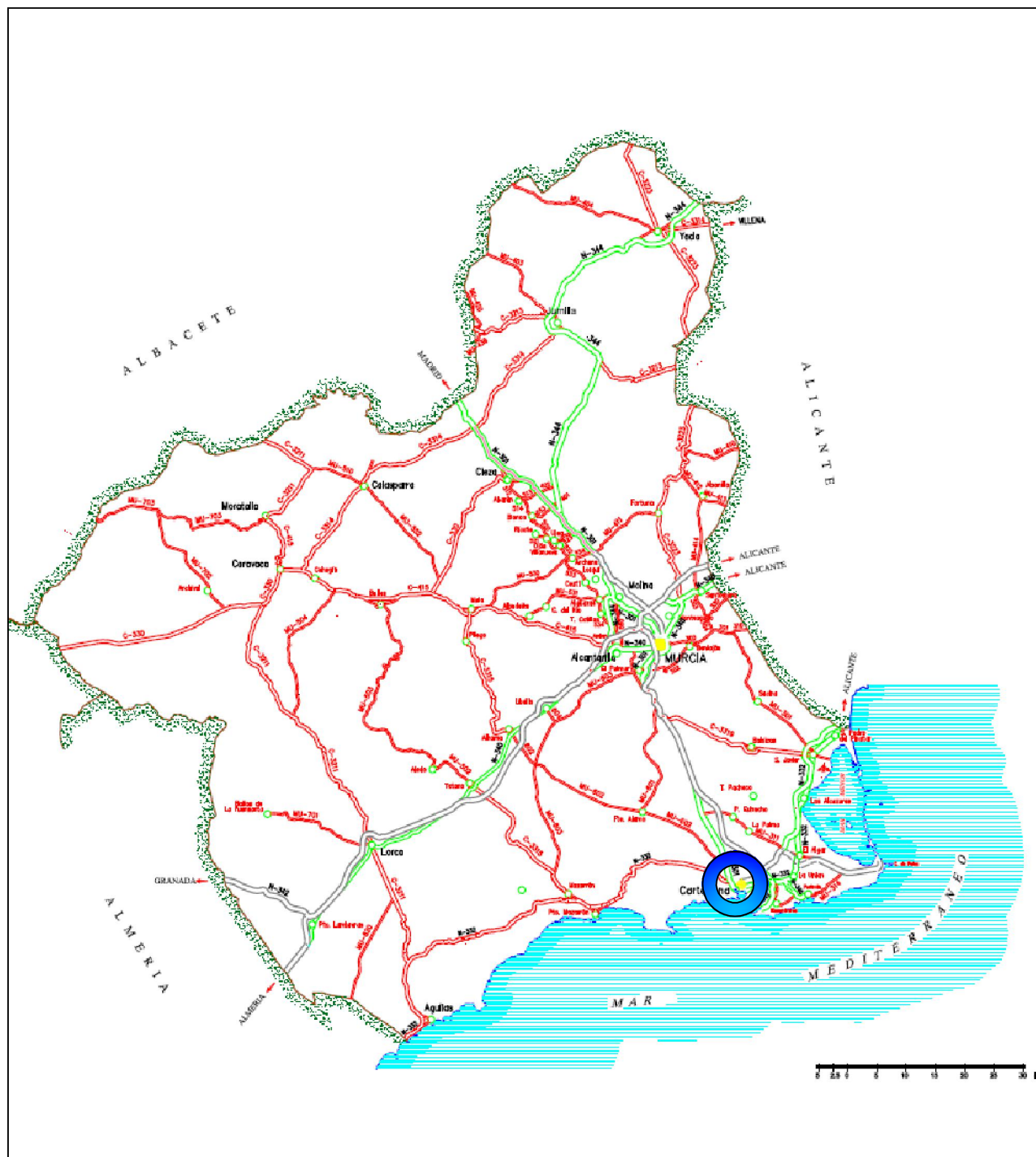
<b>Puesta a Tierra.</b>	<b>157,34</b>
<b>Obra Civil.</b>	<b>1.817,76</b>
<b>TOTAL.</b>	<b><u>311.387,83 €</u></b>
<b>TOTAL (IVA incluido).</b>	<b><u>361.210,00 €</u></b>





### 1.3.- Resumen del presupuesto total de la instalación.

<b>Instalación Solar Térmica.</b>	<b>48.299,75 €</b>
<b>Instalación Solar Fotovoltaica.</b>	<b>311.387,83 €</b>
<b>Total de la ejecución de las obras.</b>	<b>359.687,58 €</b>
<b>Trámites y proyecto.</b>	<b>5.256,00 €</b>
<b>Costes indirectos 3%.</b>	<b>10.790,63 €</b>
<b>Beneficio industrial 6%.</b>	<b>21.581,25 €</b>
<b>IVA 16%</b>	<b>57.550,00 €</b>
<b>Total del coste de ejecución.</b>	<b>454.865,50 €</b>



**Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

**PETICIONARIO:** Universidad Politécnica de Cartagena.

**LOCALIZACIÓN:** Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

**PLANO:** Plano de situación.

**ESCALA**  
**SN**

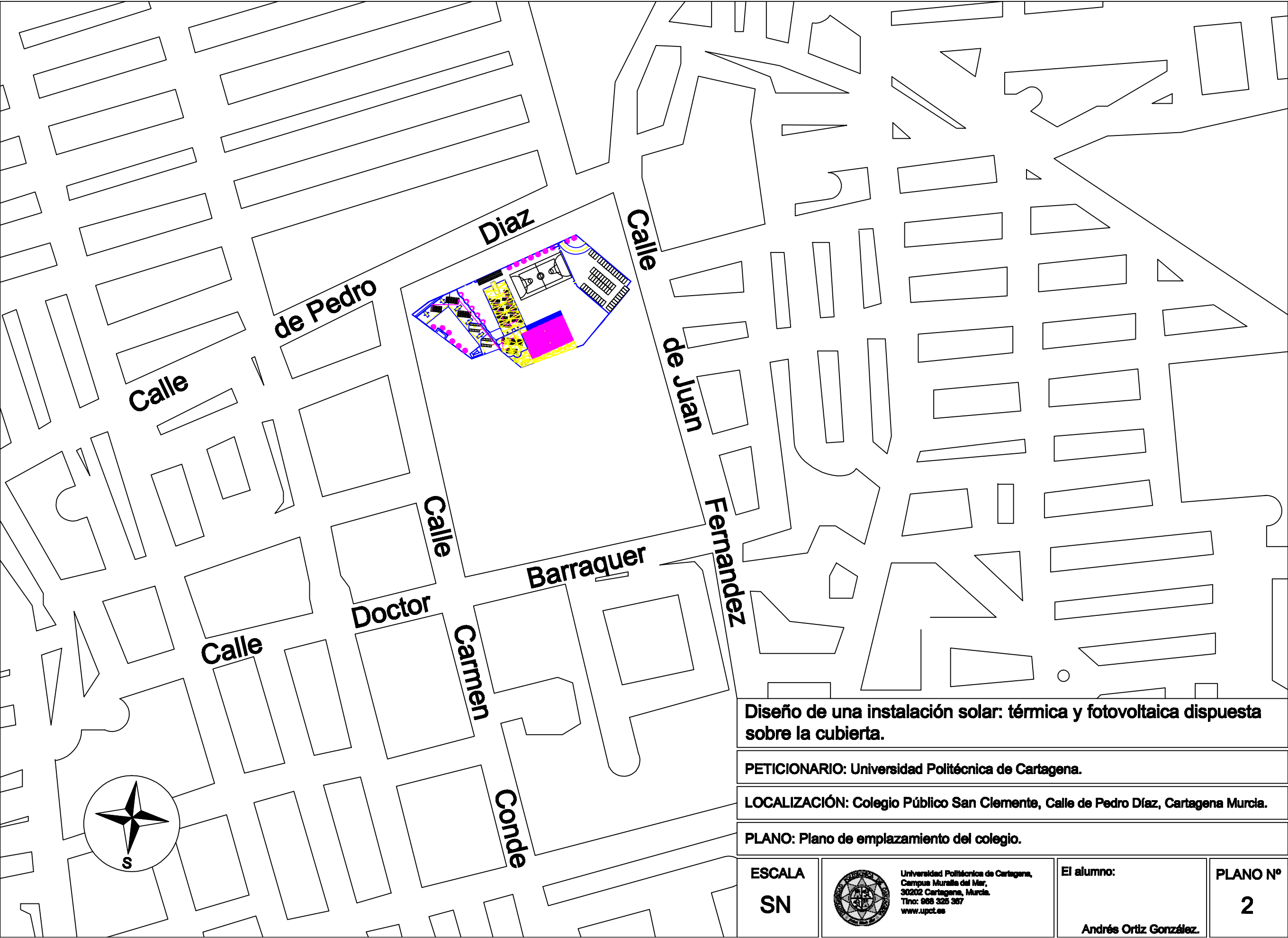


Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Murala del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 968 325 367  
[www.upct.es](http://www.upct.es)

**El alumno:**

**Andrés Ortiz González.**

**PLANO Nº**  
**1**



**Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

**PETICIONARIO:** Universidad Politécnica de Cartagena.

**LOCALIZACIÓN:** Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

**PLANO:** Plano de emplazamiento del colegio.

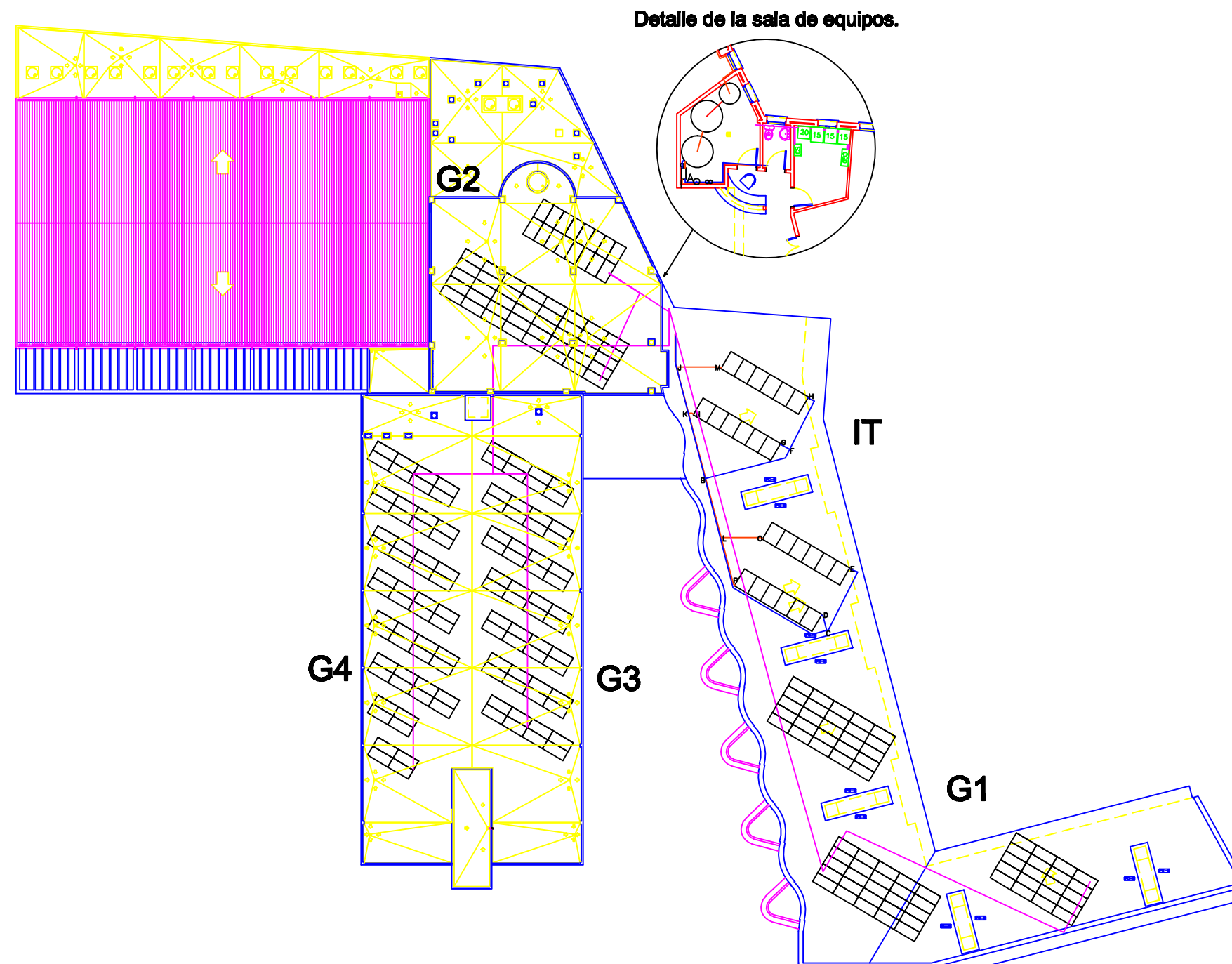
**ESCALA**  
**SN**



Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Muralla del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 968 325 367  
[www.upct.es](http://www.upct.es)

**El alumno:**  
  
Andrés Ortiz González.

**PLANO Nº**  
**2**



**Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

**PETICIONARIO:** Universidad Politécnica de Cartagena.

**LOCALIZACIÓN:** Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

**PLANO:** Planta general de la instalación.

**ESCALA**  
**1:400**



Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Muralla del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 968 325 367  
www.upct.es

**El alumno:**

Andrés Ortiz González.

**PLANO Nº**  
**3**



**Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

**PETICIONARIO:** Universidad Politécnica de Cartagena.

**LOCALIZACIÓN:** Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

**PLANO:** Alzado de los edificios principal e infantil.

**ESCALA**  
**SN**



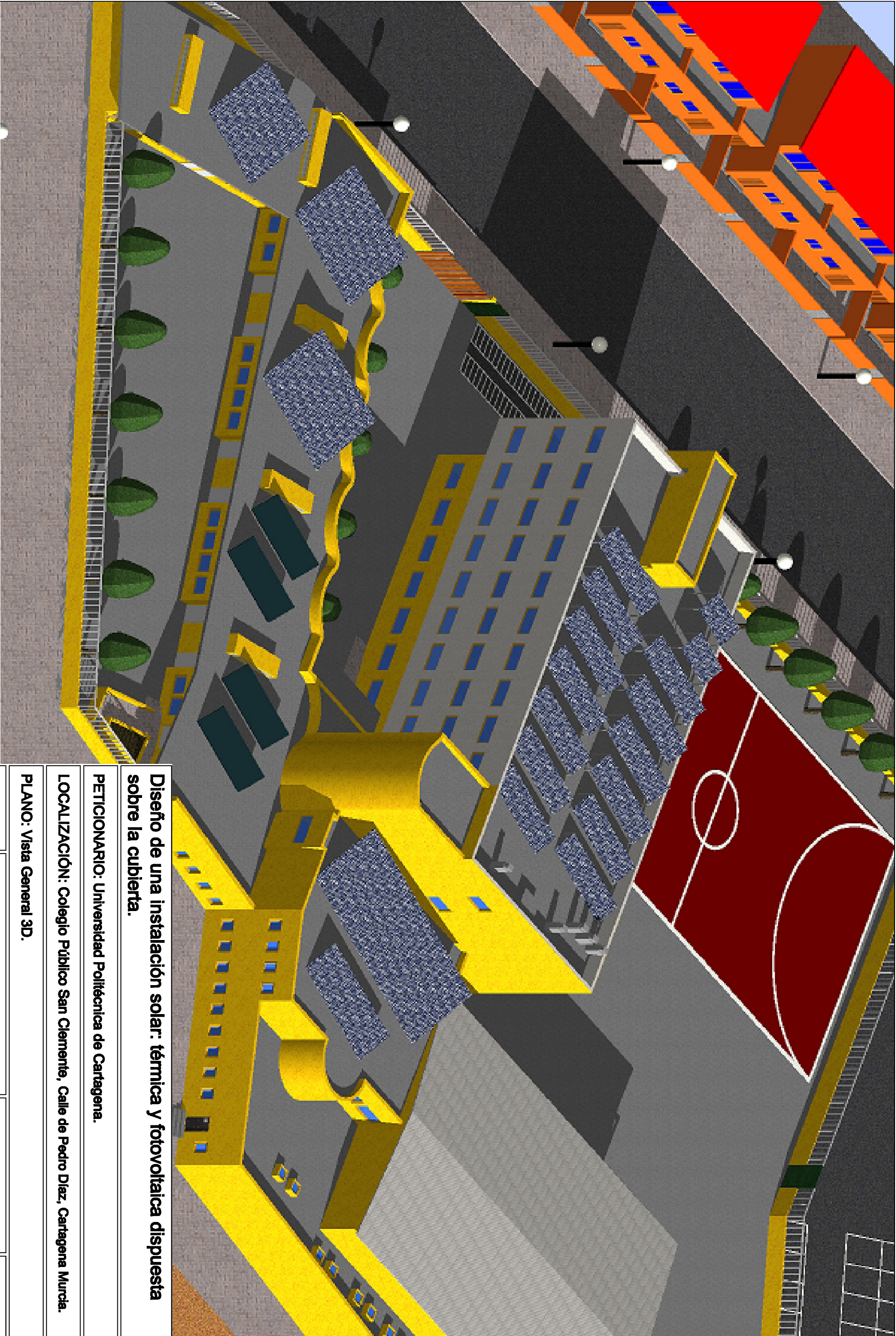
Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Muralla del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 868 325 367  
www.upct.es

**El alumno:**

**Andrés Ortiz González.**

**PLANO Nº**  
**4**





Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.

PETICIONARIO: Universidad Politécnica de Cartagena.

LOCALIZACIÓN: Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

PLANO: Vista General 3D.

ESCALA

SN



Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Marista del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 968 325 367  
www.upct.es

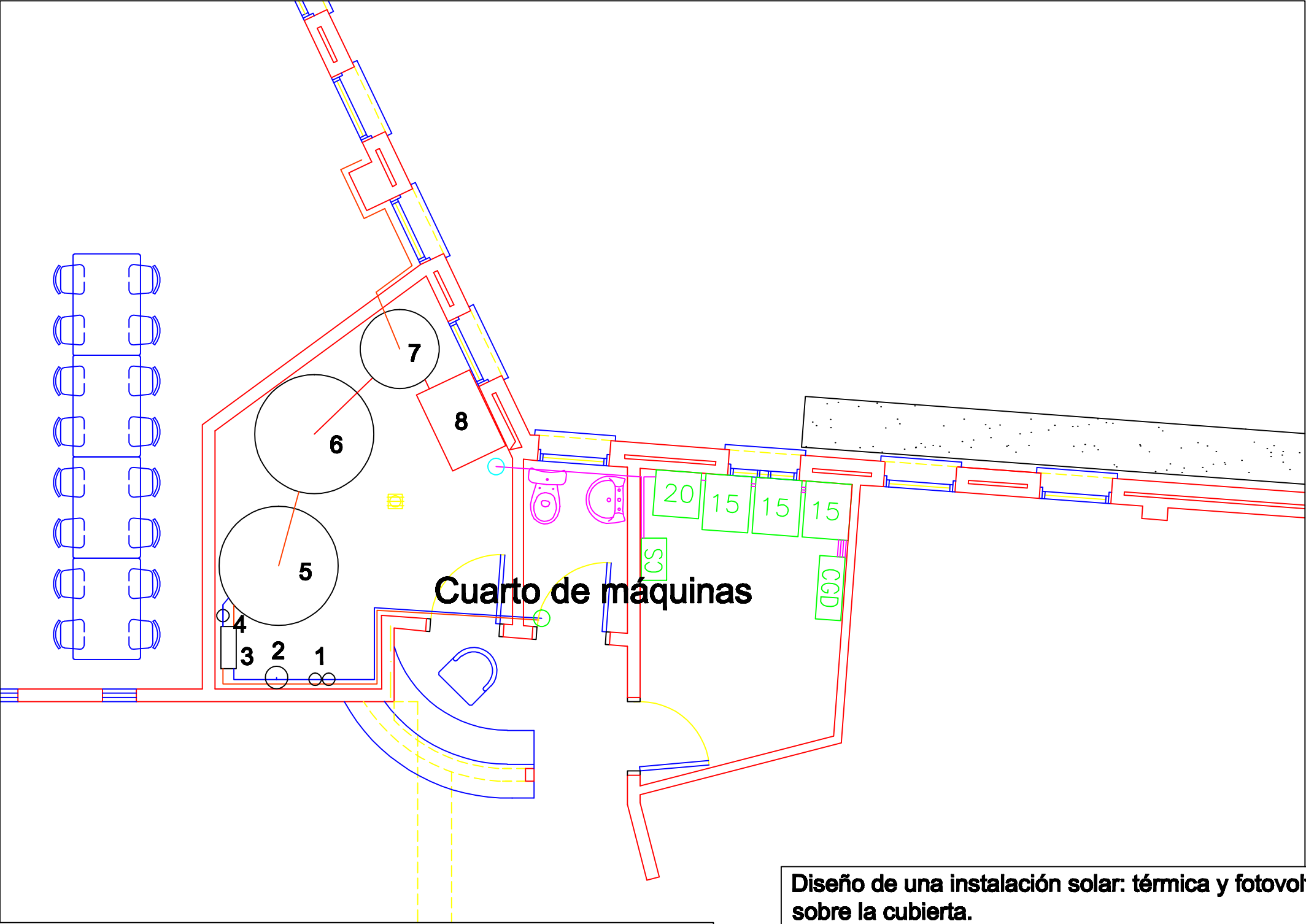
El alumno:

Andrés Ortiz González.

PLANO Nº

5





- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1. Grupo de bombeo primario.    | CS. Cuadro secundario.                   |
| 2. Vaso de expansión.           | CDG. Cuadro general de protección        |
| 3. Intercambiador de calor.     | 15. Inversor Ingecon Sun 15.             |
| 4. Grupo de bombeo secundario.  | 20. Inversor Ingecon Sun 20.             |
| 5 y 6. Depósito de acumulación. | ○ Bajante de la canalización eléctrica.  |
| 7. Depósito final.              | ○ Bajante de la canalización hidráulica. |
| 8. Caldera auxiliar.            |  |

**Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

PETICIONARIO: Universidad Politécnica de Cartagena.

LOCALIZACIÓN: Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

PLANO: Detalle del cuarto de máquinas.

ESCALA  
1:50

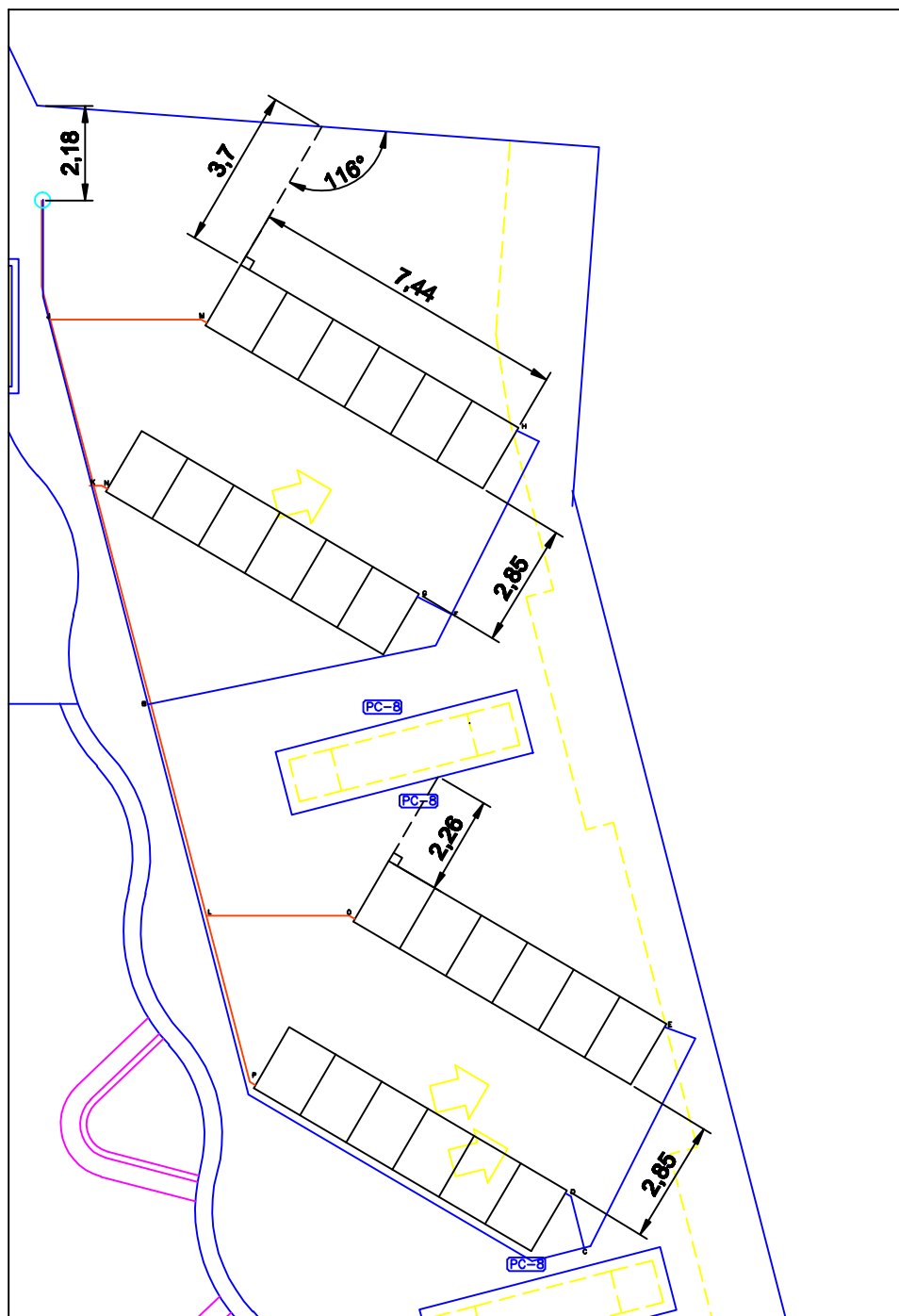


Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Muralla del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 968 325 367  
www.upct.es

El alumno:

Andrés Ortiz González.

PLANO Nº  
6



**Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

**PETICIONARIO:** Universidad Politécnica de Cartagena.

**LOCALIZACIÓN:** Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

**PLANO:** Detalle de la distribución en planta de los captadores térmicos.

**ESCALA**  
**1:150**



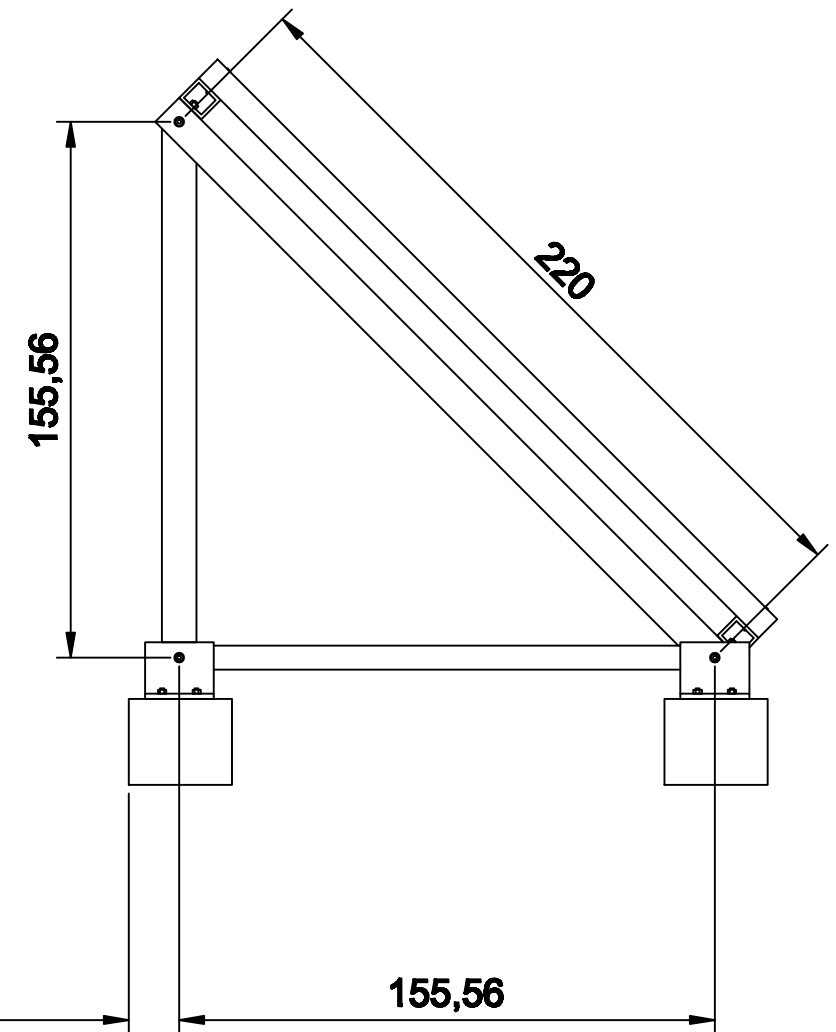
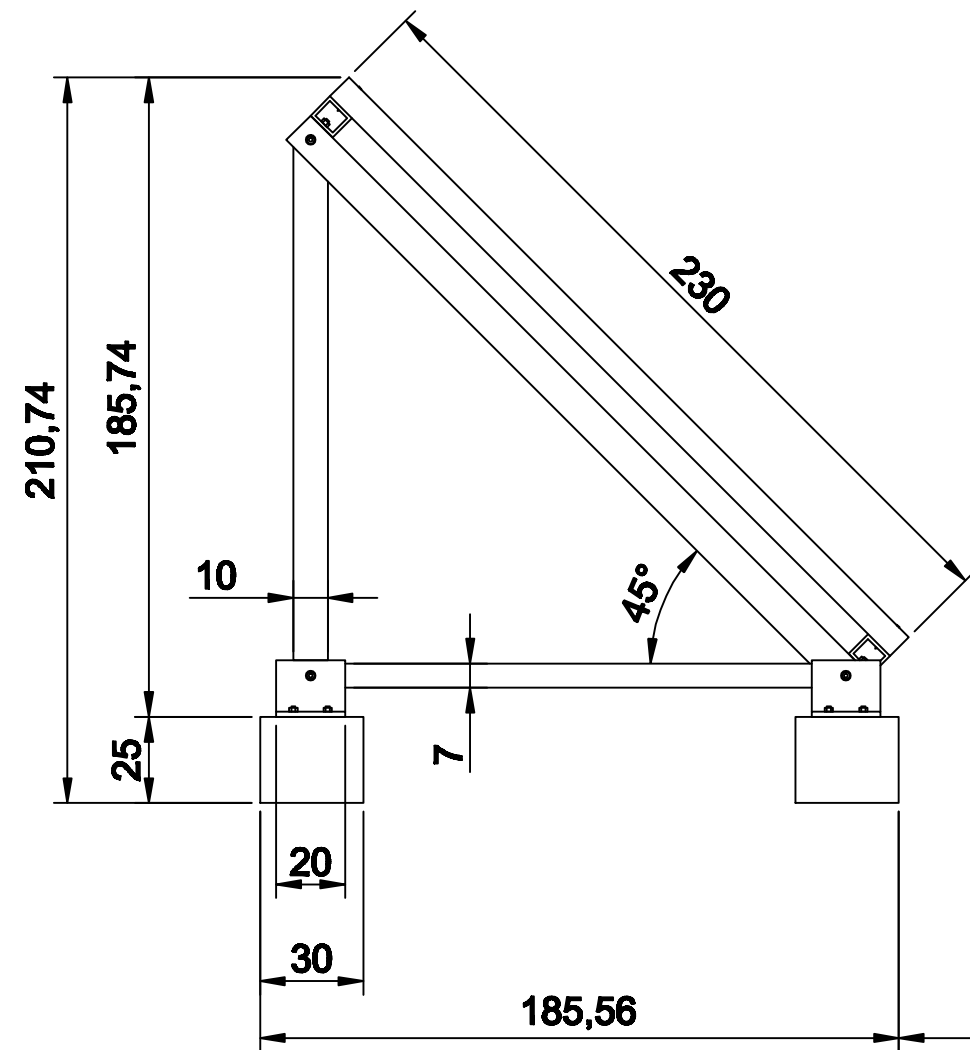
Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Muelle del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 968 325 367  
[www.upct.es](http://www.upct.es)

**El alumno:**

**Andrés Ortiz González.**

**PLANO Nº**  
**7**





Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.

PETICIONARIO: Universidad Politécnica de Cartagena.

LOCALIZACIÓN: Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

PLANO: Detalle de los perfiles de los captadores solares.

ESCALA  
1:20



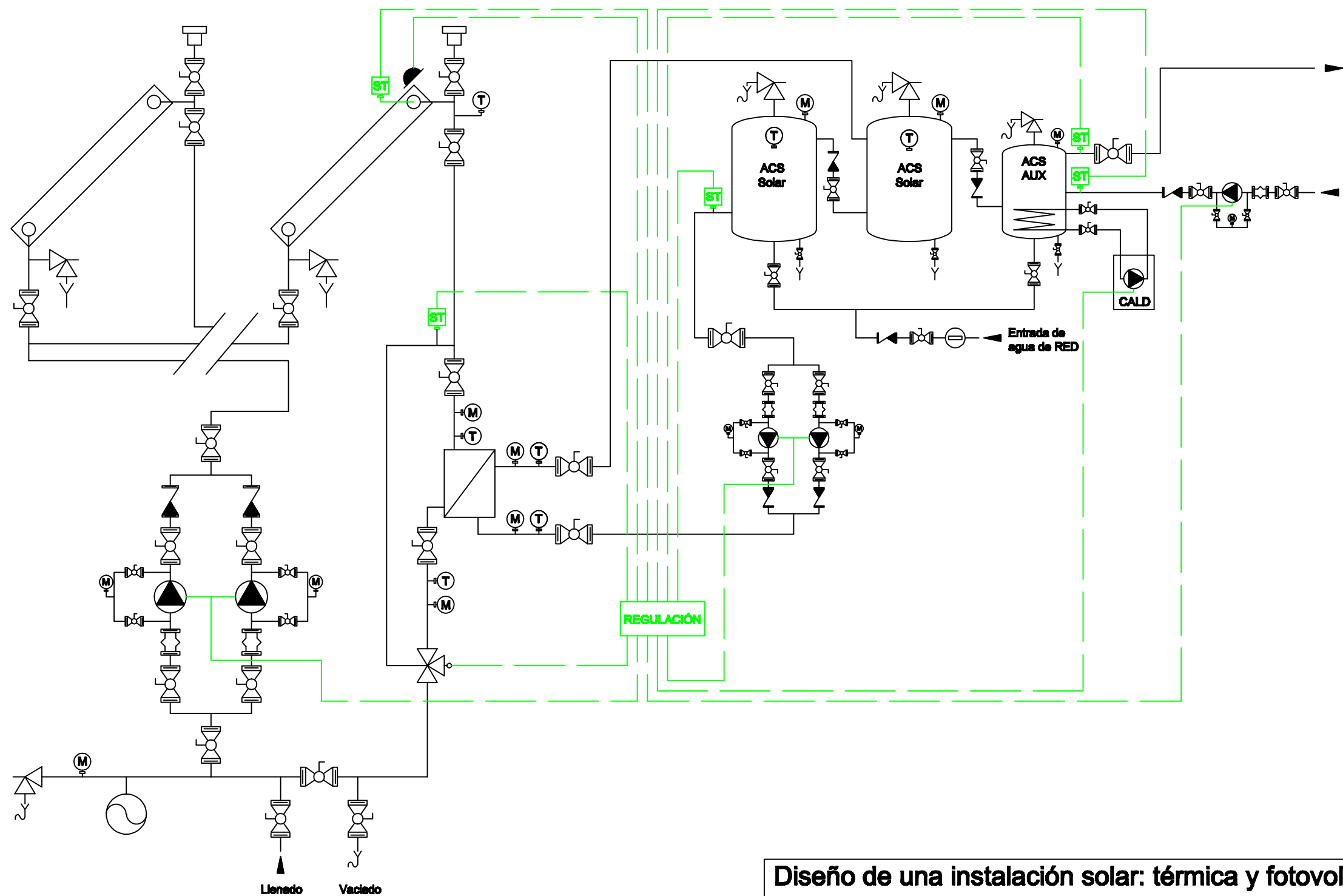
Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Muralla del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 968 325 367  
www.upct.es

El alumno:

Andrés Ortiz González.

PLANO Nº

8



**ST** Sensor de temperatura  
**T** Termómetro  
**M** Manómetro  
**—** Contador  
 Sensor de radiación  
 Sentido de la corriente

Válvula  
 Válvula anti retorno  
 Válvula mezcladora  
 Válvula de seguridad  
 Filtro

Purgador de aire  
 Desagüe  
 Bomba  
 Vaso de expansión

## Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta en la cubierta.

PETICIONARIO: Universidad Politécnica de Cartagena.

LOCALIZACIÓN: Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

PLANO: Esquema de fontanería de la instalación solar térmica.

ESCALA  
SN

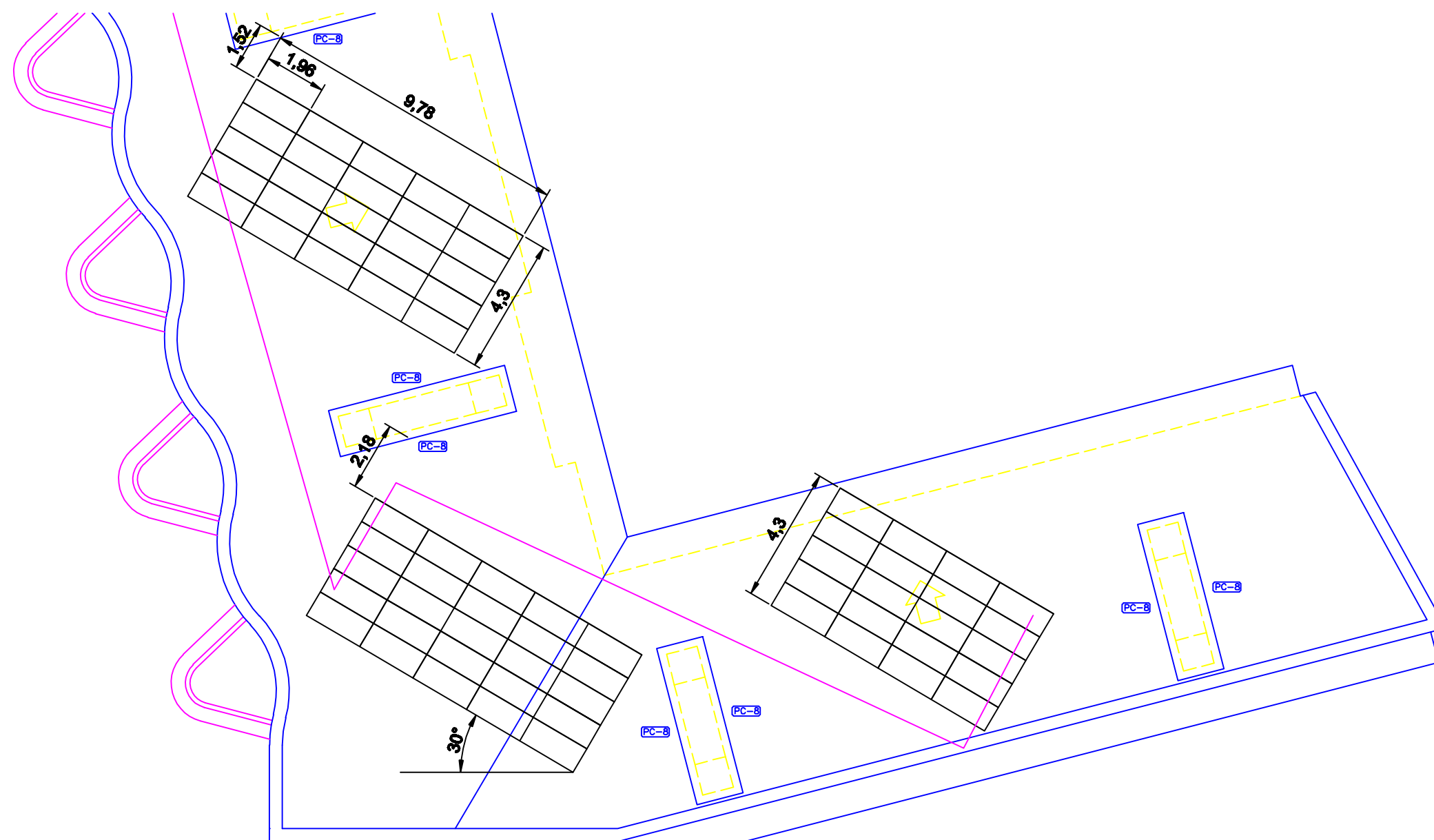



Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Muelle del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 868 325 367  
www.upct.es

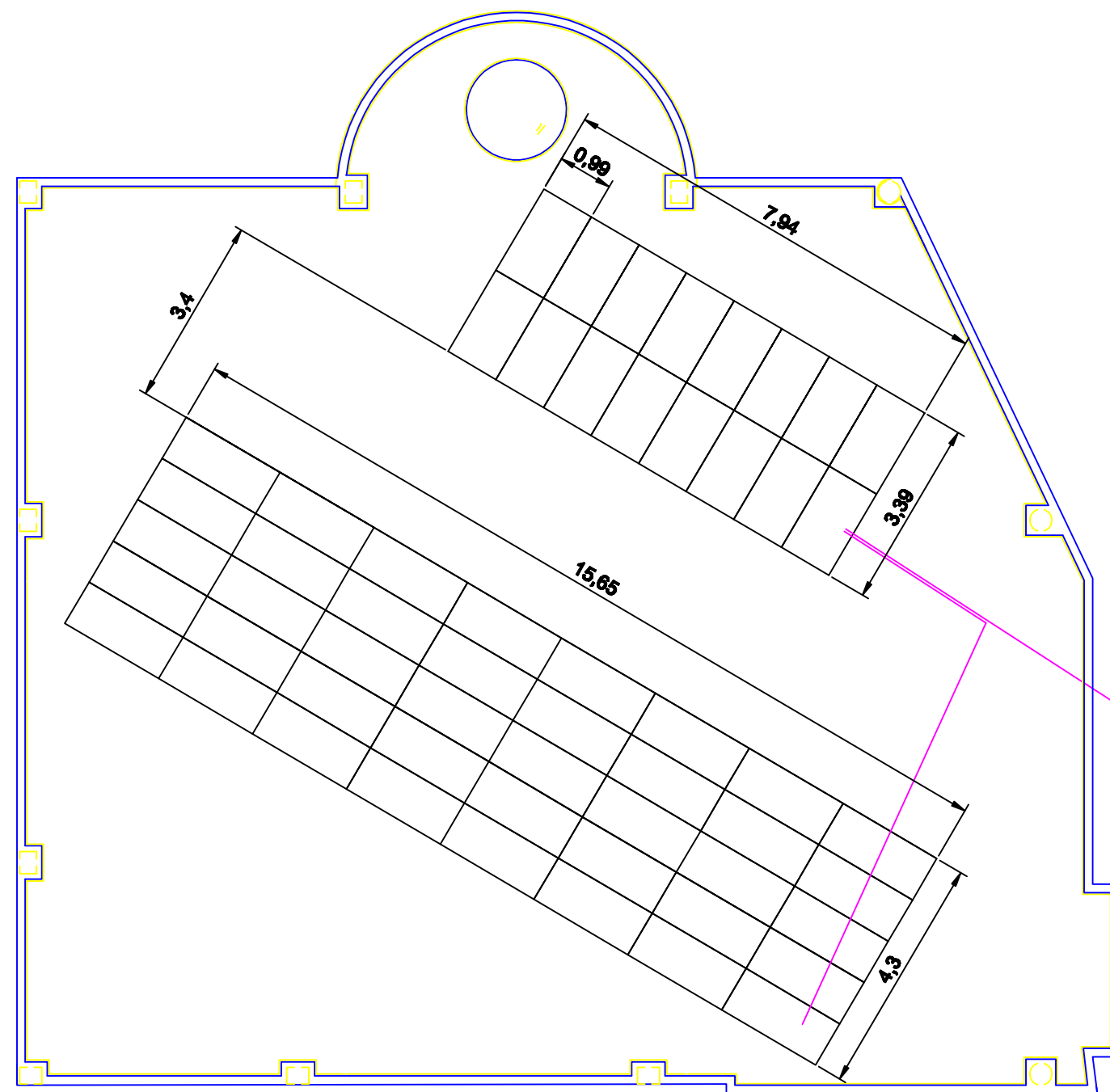
El alumno:

Andrés Ortiz González.

PLANO Nº  
9



<b>Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.</b>			
PETICIONARIO: Universidad Politécnica de Cartagena.			
LOCALIZACIÓN: Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.			
PLANO: Detalle de la distribución en planta de los módulos fotovoltaicos de la zona 1.			
ESCALA 1:150	 <div>Universidad Politécnica de Cartagena, Campus Muralla del Mar, 30202 Cartagena, Murcia. Tfno: 868 325 367 www.upct.es</div>	El alumno:  Andrés Ortiz González.	PLANO Nº 10



**Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

**PETICIONARIO:** Universidad Politécnica de Cartagena.

**LOCALIZACIÓN:** Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

**PLANO:** Detalle de la distribución en planta de los módulos fotovoltaicos de la zona 2.

**ESCALA**  
**1:100**

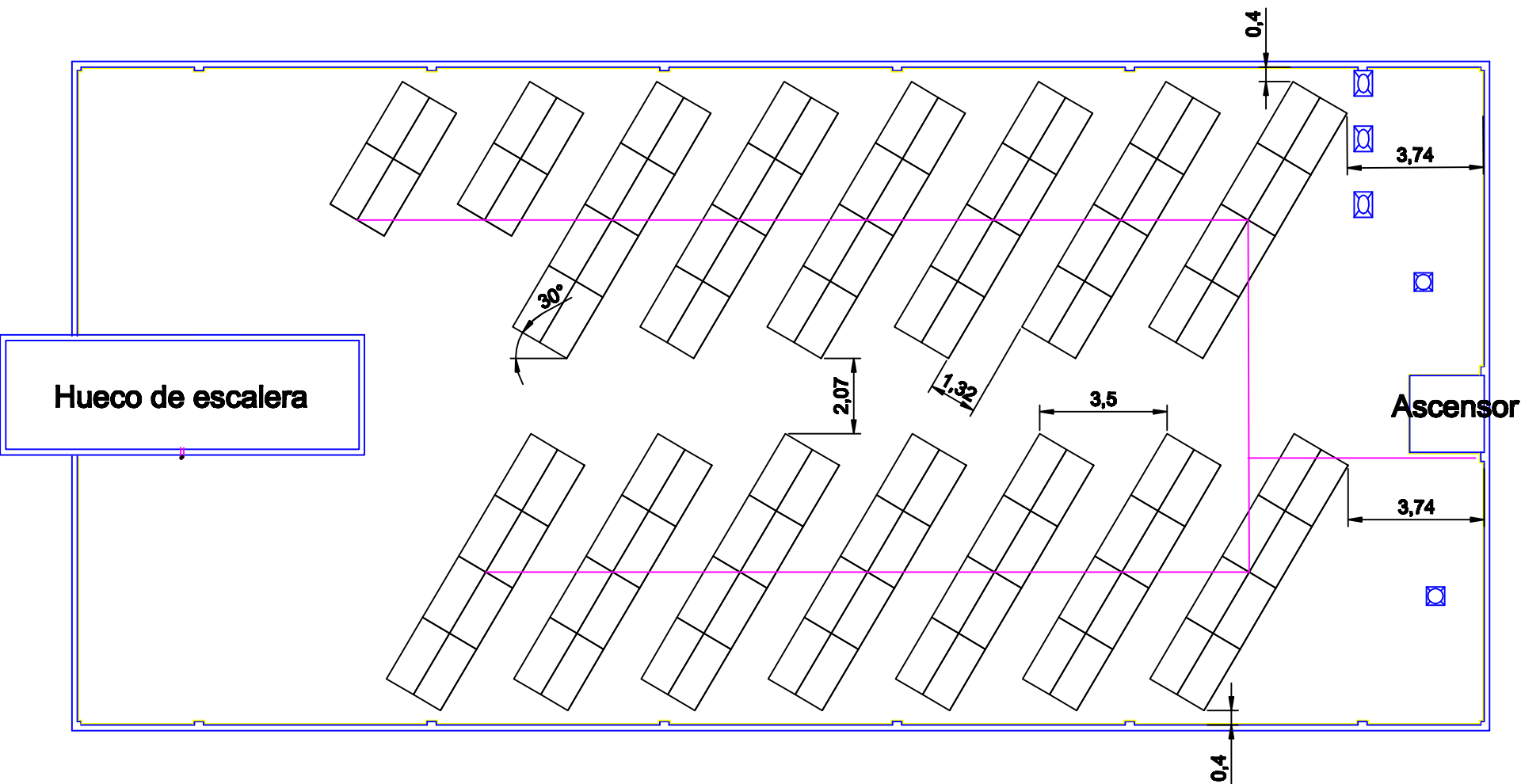


Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Muralla del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 868 325 367  
www.upct.es

**El alumno:**

**Andrés Ortiz González.**

**PLANO Nº**  
**11**




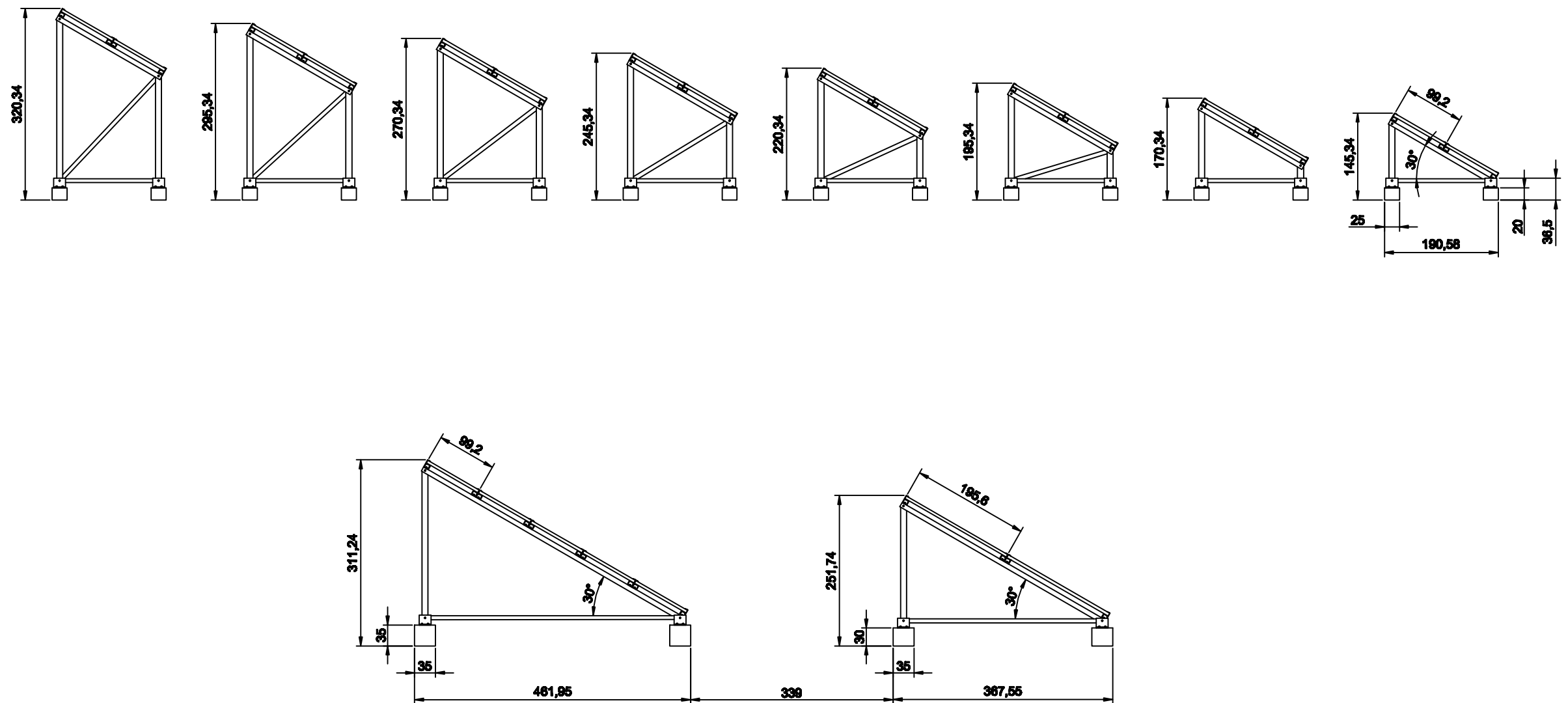
**Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

**PETICIONARIO:** Universidad Politécnica de Cartagena.

**LOCALIZACIÓN:** Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

**PLANO:** Distribución en planta de los módulos fotovoltaicos de las zonas 3 y 4.

<b>ESCALA</b> <b>1:150</b>	 <div>Universidad Politécnica de Cartagena, Campus Muralla del Mar, 30202 Cartagena, Murcia. Tfno: 868 325 367 www.upct.es</div>	<b>El alumno:</b>  Andrés Ortiz González.	<b>PLANO Nº</b>  <b>12</b>
-------------------------------	---	---	----------------------------------



**Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.**

**PETICIONARIO:** Universidad Politécnica de Cartagena.

**LOCALIZACIÓN:** Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.

**PLANO:** Detalle del perfil de los módulos fotovoltaicos.

**ESCALA**  
**1:75**



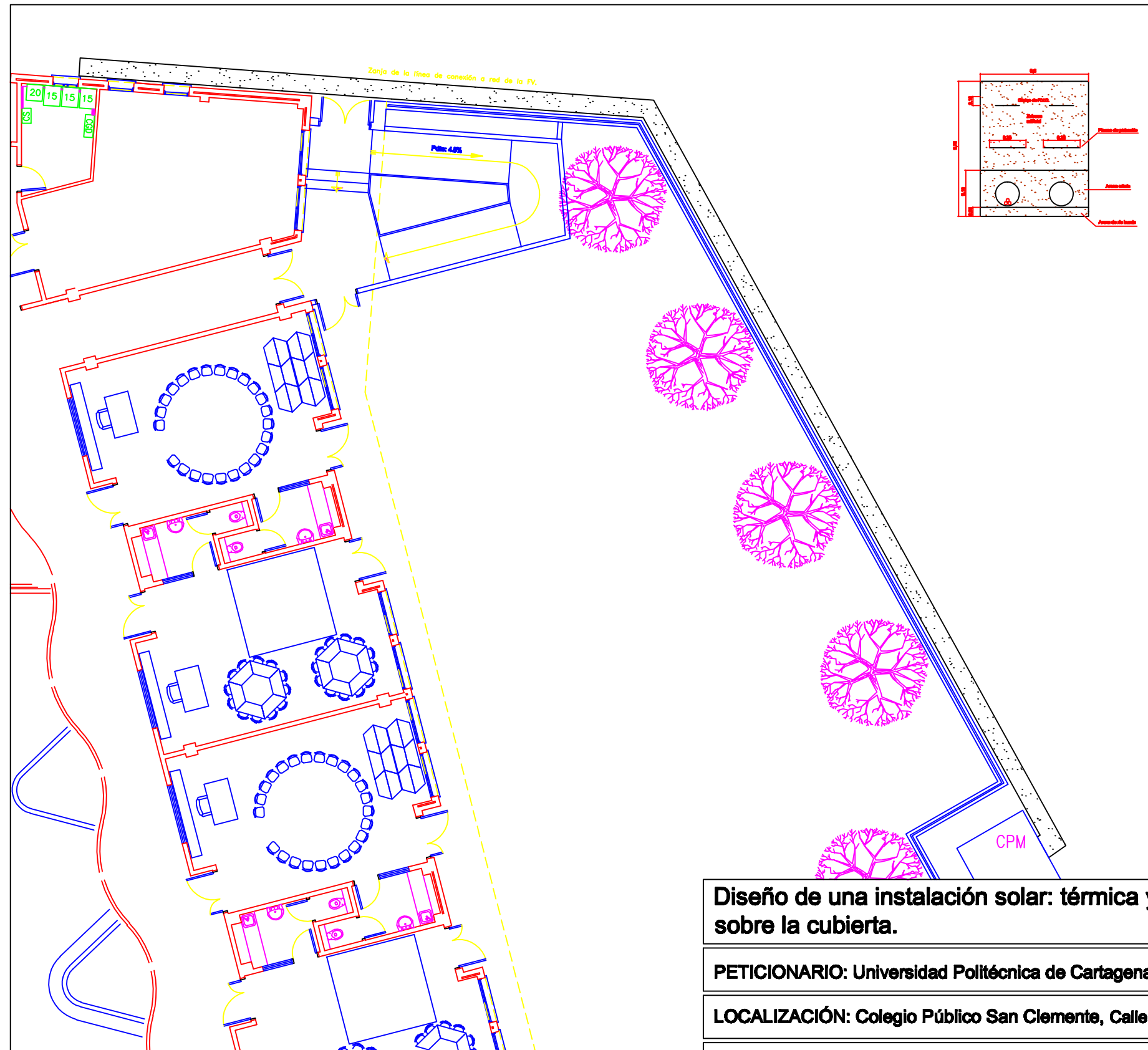
Universidad Politécnica de Cartagena,  
Campus Muralla del Mar,  
30202 Cartagena, Murcia.  
Tfno: 968 325 367  
www.upct.es


**El alumno:**

**Andrés Ortiz González.**

**PLANO Nº**  
**13**





<b>Diseño de una instalación solar: térmica y fotovoltaica dispuesta sobre la cubierta.</b>			
PETICIONARIO: Universidad Politécnica de Cartagena.			
LOCALIZACIÓN: Colegio Público San Clemente, Calle de Pedro Díaz, Cartagena Murcia.			
PLANO: Zanja de la instalacion fotovoltaica.			
ESCALA SN	 Universidad Politécnica de Cartagena, Campus Muralla del Mar, 30202 Cartagena, Murcia. Tfno: 868 325 367 www.upct.es	El alumno:  Andrés Ortiz González.	PLANO Nº 15